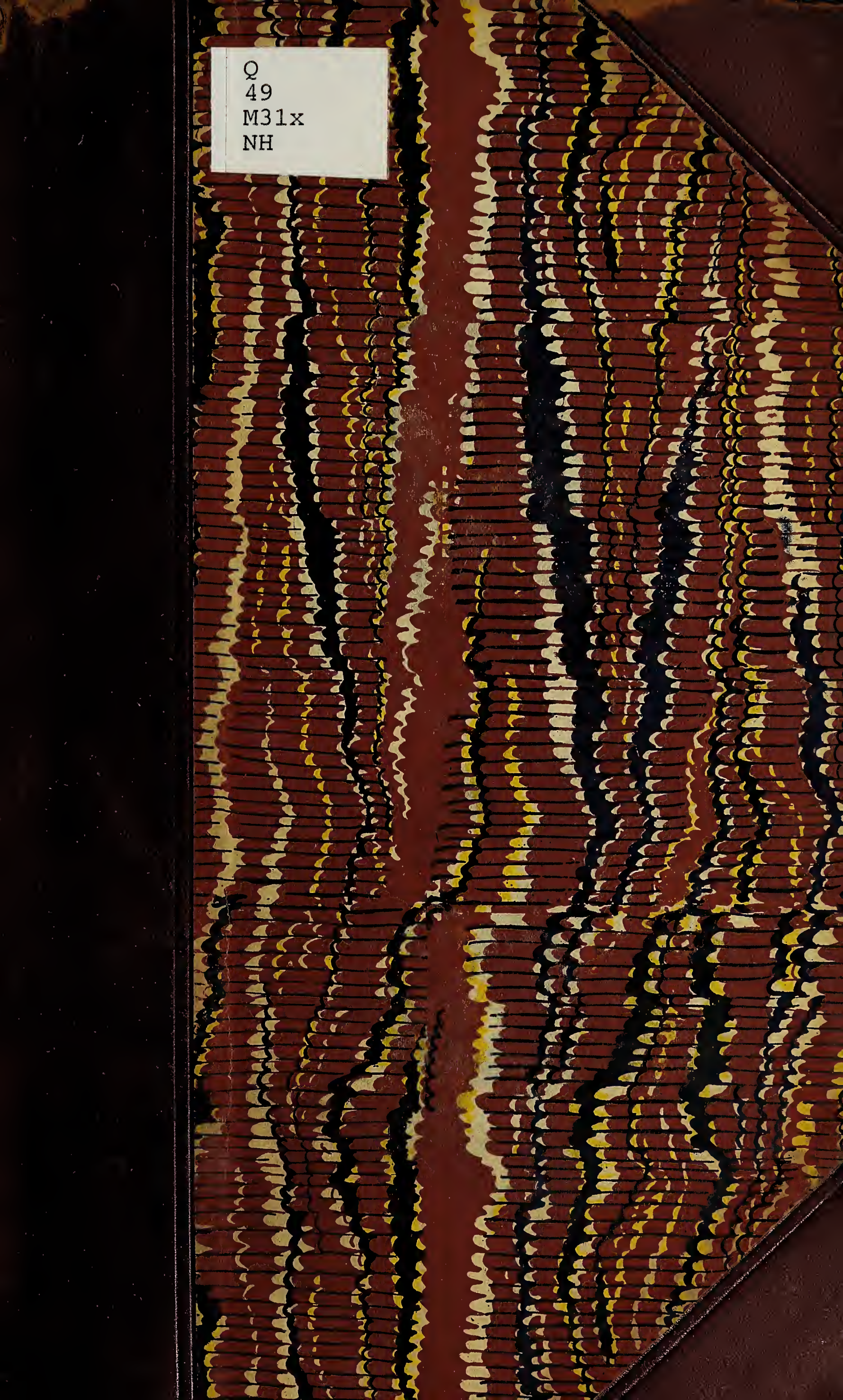

Q
49
M31x
NH





Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Jahrgang 1905

Marburg.
R. Friedrich's Universitäts-Buchdruckerei (Inhaber Karl Gleiser).
1906.

Sitzungsberichte

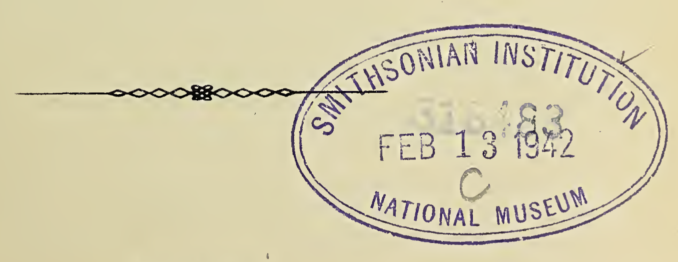
der

Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Jahrgang 1905



Marburg.
R. Friedrich's Universitäts-Buchdruckerei (Inhaber Karl Gleiser).
1906.

Inhalts-Angabe.

Verzeichniss der Mitglieder*)

(am Schluss des Jahres 1905).

Ehrenmitglieder.

Retzius, *Gustav*, Prof. emerit. der Anatomie, Stockholm . .	18. 1. 99.
Marchand, *Felix*, Dr. med., o. Prof. der path. Anat., Geh. Med.-Rat, Leipzig	9. 1. 01.
Bittorf, *Wilhelm*, Dr. phil., o. Prof. der Physik, Geh. Reg.-Rat, Münster	19. 11. 01.

Einheimische Mitglieder.

A) Ordentliche.

Ahlfeld, *Friedrich*, Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rat	11. 7. 83.
Aschoff, *Ludwig*, o. Prof. d pathologischen Anatomie . . .	17. 6. 03.
Bach, *Ludwig*, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie . .	28. 11. 00.
Bauer, *Max*, Dr. phil., o. Prof. d. Mineralogie, Geh. Reg.-Rat	11. 3. 85.
v. Behring, *Emil*, Dr. med., o. Prof. d. Hygiene, Wirkl. Geh. Rat	15. 5. 95.
Bonhoff, *Heinrich*, Dr. med., o. Prof. der Hygiene	9. 3. 04. (8. 11. 99.)
Disse, *Joseph*, Dr. med., a.o. Prof. d. Anatomie u. I. Prosector	13. 11. 95.
Feussner, *Wilhelm*, Dr. phil., a.o. Prof. der Physik . . .	14. 7. 81. (10. 6. 69.)
Fischer, *Theobald*, Dr. phil., o. Prof. d. Geographie, Geh. Reg.-Rat	28. 11. 83.
Gasser, *Emil*, Dr. med., o. Prof. d. Anatomie, Geh. Med.-Rat	27. 1. 88. (16. 7. 74.)
Hensel, *Kurt*, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik	10. 12. 02.
Kayser, *Emanuel*, Dr. phil., o. Prof. der Geologie	13. 1. 86.
Kohl, *Friedrich Georg*, Dr. phil., a.o. Prof. der Botanik . .	13. 11. 95. (6. 8. 84.)
Kohlrausch, *Friedrich*, Dr. phil., Präsident der physikalisch-technischen Reichsanstalt a. D.	8. 2. 05.
Korschelt, *Eugen*, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie	26. 7. 93.
Küster, *Ernst*, Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Geh. Med.-Rat	4. 11. 91.
Mannkopff, *Emil*, Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., Geh. Med.-Rat	8. 5. 67.
Meyer, *Arthur*, Dr. phil., o. Prof. der Botanik	4. 11. 91.
Ostmann, *Paul*, Dr. med., a.o. Prof. der Otologie	13. 11. 95.
Rathke, *Bernhard*, Dr. phil., o. Hon.-Prof. der Chemie . .	14. 3. 84.
Richarz, *Franz*, Dr. phil., o. Professor der Physik	15. 5. 01.
Schaum, *Carl*, Dr. phil., a.o. Professor der physical. Chemie	(11. 8. 97.) 13. 12. 05.
Schenck, *Friedrich*, Dr. med., o. Professor der Physiologie .	15. 5. 01.

---

*) Die Daten bedeuten den Tag der Ernennung, die in Parenthese gesetzten Daten den Tag der Ernennung zum ausserordentlichen Mitglied

Schmidt, *Ernst*, Dr. phil., o. Prof. d. pharm. Chem., Geh. Reg.-Rat 11. 3. 85.
Tuczek, *Franz*, Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie, Med.-Rat 15. 5. 95. (14. 3. 90.)
Zincke, *Theodor*, Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, Geh. Reg.-Rat . 13. 1. 76.

B) Ausserordentliche.

Ach, *Narciss*, Dr. med. et phil., Privatdocent der Philosophie 8. 2. 05.
Brauer, *Ludolf*, o. Prof. d. Med., Director d. medic. Klinik 14. 12. 04.
v. Dalwigk, *Friedrich*, Dr. phil., Privatdoc. der Mathematik 9. 5. 00.
v. Drach, *Alhard*, Dr. phil., a.o. Prof. der Mathematik . . 11. 7. 66.
Ellenberger, *Ernst*, Dr. phil., Assistent am chemischen Institut 9. 3. 04.
Fries, *Karl*, Dr. phil., Assistent am chemischen Institut . 9. 3. 04.
Haselhoff, *Emil*, Dr. phil., Director d. landw. Versuchsstation 11. 2. 03.
Hess, *Otto*, Dr. med., Privatdoc. d. inn. Med., Oberarzt d. med. Klin. 25. 6. 02.
Hildebrand, *Heinrich*, a.o. Professor der Medicin . . . . 14. 12. 04.
Jahrmärker, *Max*, Dr. med., Privatdoc., Oberarzt d. psychiatr. Klin. 9. 2 04.
Jung, *Heinrich*, Dr. phil., Privatdocent der Mathematik . 13. 12. 05.
Küttner, *Hermann*, Dr. med., a.o. Professor der Chirurgie . 2. 8. 05.
Kutscher, *Friedrich*, Dr. med., Privatdocent der Physiologie 16. 2. 98.
Lohmann, *Alfred*, Dr. med., Privatdocent der Physiologie 8. 2. 05.
Meisenheimer, *Johannes*, Dr. phil., Priv.-Doc. der Zoologie 16. 2. 98.
Neide, *Ernst*, Dr. phil. . . . . 13. 1. 04.
Neumann, *Ernst*, Dr. phil., a.o. Professor der Mathematik . 13 12. 05.
Ochsenius, *Carl*, Dr. phil., Consul a. D. . . . . 28. 6. 77.
Oestreich, *Karl*, Dr. phil., Privatdocent der Geographie . . 9. 3. 04.
Opitz, *Erich*, Dr. med., a.o. Professor der Medicin . . . . 13. 1. 04.
Reissert, *Arnold*, Dr. phil., Privatdocent d. Chemie, Professor 11. 2. 03.
Römer, *Paul*, Dr. med., Privatdocent der Hygiene, Abteilungsvorsteher am hygienischen Institut . . . . 9. 2. 04.
Rupp, *Erwin*, Dr. phil., Privatdocent der Chemie, Professor, Abteilungsvorsteher am pharmaceut.-chemischen Institut 14. 12. 04.
Schenck, *Rudolf*, Dr. phil., Priv.-Doc. d. Chemie, Abteilvorst. am chemischen Institut . . . . 11. 8. 97.
Schmidt, *Carl*, Dr. phil., Reg.-Rath a. D. . . . . 19. 6. 01.
Schridde, *Hermann*, Dr. med., Privatdocent der path. Anatomie 13. 12. 05.
Schulze, *Franz Arthur*, Dr. phil., Privatdocent der Physik . 31. 7. 01.
Schwantke, *Arthur*, Dr. phil., Assistent am mineral. Institut 21. 6. 99.
Seddig, *Max*, Dr. phil., Assistent am physicalischen Institut 17. 6. 03.
Siebert, *Karl*, Dr. phil., Chemiker . . . . 14. 5. 02.
Straub, *Walter*, Dr. med., a.o. Professor der Pharmakologie 13. 12. 05.
Tönniges, *Carl*, Dr. phil., Assistent am zoolog. Institut . . 16. 2. 98.
Weidenmüller, *Carl*, Dr. phil., Gymn.-Oberlehrer a. D., Prof. 14. 4. 82.
Wendel, *Walther*, Dr. med., Privatdocent d. Chirurgie . . 12. 2. 02.
Zumstein, *Jacob*, Dr. med., Priv.-Doc. d. Anat., Prof., 2. Prosector 16. 2. 98.

Auswärtige Mitglieder.*)

Axenfeld, Theodor, Dr. med., o. Prof. d. Ophthalm., Freiburg i. Br. (15. 1. 96.)
Barth, Adolf, Dr. med., o. Prof. der Otologie, Leipzig . . . 4. 11. 91.
Barth, Arthur, Dr. med., Prof., Oberarzt, Danzig . . . . (13. 11. 95.)
Böhm, Rudolf, Dr. med., o. Prof. d. Pharmak., Geh. Med.-Rat, Leipzig 20. 5. 81.
Borrmann, Rob., Dr. med., Priv.-Doc. d. path. Anatomie, Göttingen (14. 5. 02.)
Brauer, August, Dr. phil., a.o. Professor, Director des naturhistorischen Museums, Berlin . . . . 17. 5. 99.
(17. 6. 96.)
Braun, Ferdinand, Dr. phil., o. Prof. der Physik, Strassburg (8. 2. 78.)
Braun, Heinrich, Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Geh. Med.-Rat, Göttingen . . . . 14. 3. 90.
Brauns, Reinhard, Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Kiel . (27. 1. 88.)
Buchholz, Albert, Dr., med, Prof., Oberarzt, Hamburg . . 8. 12. 97.
Busz, Carl, Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Münster . . (19. 6. 95.)
Debus, Dr. phil., Prof., Cassel . . . . (16. 11. 59.)
Dietrich, Theodor, Dr. phil., Prof., Geh.-Reg.-Rat, Hannover (15. 1. 96.)
Dohrn, Rudolf, Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rat, Dresden . . . . 10. 2. 64.
Drevermann, Fritz, Dr. phil., Frankfurt . . . . 11. 2. 03.
Enderlen, Eugen, Dr. med., Professor der Chirurgie, Basel 12. 2. 97.
Falk, Ferdinand, August, Dr. med., a.o. Prof. d. Pharmakol., Kiel 28. 4. 75.
Fraenkel, Karl, Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Halle . . . 4. 11. 91.
Fritsch, Paul, Dr. phil., Prof., Berlin . . . . (24. 4. 96.)
Fürstenau, Eduard, Dr. phil., Geh. Reg.-Rat, Berlin . . . (25. 4. 60.)
Gadamer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. d. pharmaceut. Chemie, Breslau . . . . (9. 3. 98.)
Goebel, Karl, Dr. phil., o. Prof. der Botanik, München . . 27. 1. 88.
Heine, Leopold, Priv.-Doc. der Ophthalmologie, Breslau . . (18. 1. 99.)
Hermann, Theodor, Dr. phil., Hanau . . . . (2. 7. 68.)
Hess, Karl, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmol., Würzburg 11. 11. 96.
Heusler, Fritz, Dr. phil., Dillenburg . . . . 8. 2. 05.
v. Koenen, Adolf, Dr. phil., o. Prof. der Geologie, Geh. Berg-Rat, Göttingen . . . . 28. 4. 75.
Kossel, Albrecht, Dr. med., o. Prof. der Physiol., Heidelberg 15. 5. 95.
Krehl, Ludolf, Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., Strassburg 8. 11. 99.
Küster, Fr. Wilh., Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, Klausthal . (26. 7. 93.)
Loewi, Otto, Dr. med., Privatdocent der Pharmakologie, Wien 15. 5. 01.
Lotz, Heinrich, Dr. phil., Geologe, Berlin . . . . (13. 12. 99.)
Mannel, Gottfried, Dr. med., Geh. Hofrat, Arolsen . . . . (31. 8. 64.)
Meyer, Hans, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Wien 11. 3. 85.
Müller, Friedrich, Dr. med., o. Prof. d. inn. Medicin, München 26. 7. 93.

---

*) Die mit einem * bezeichneten sind correspondirende, die sämmtlichen übrigen ehemalige einheimische Mitglieder.

Nebelthau, *Eberhard*, Dr. med., a.o. Prof. d. inn. Med., Halle a. S. 26. 4. 98.
(15. 5. 95.)
Noll, *Alfred*, Dr. med., Privatdocent, Jena . . . . (16. 2. 98.)
Pfannkuch, Wilh., Dr. med., pract. Arzt, Cassel . . . . . (17. 1. 72.)
Pfeffer, Wilhelm, Dr. phil., o. Prof. d. Botanik, Geh. Hofrat, Leipzig (27. 4. 71.)
Plate, Ludwig, Dr. phil., Priv.-Doc. der Zoologie, Prof., Berlin (27. 1. 88.)
Plenge, *Enriquez*, Dr. med., Heidelberg . . . . (7. 3. 99.)
Ransom, *Frederick*, Dr. med. . . . . (7. 3. 99.)
**Rehn*, *Joh. Heinrich*, Dr. med. San.-Rat, Frankfurt. a. M. 26. 11. 80.
Rein, *Johannes*, Dr. phil., o. Prof. der Geographie, Geh. Reg.-Rat, Bonn . . . . 1. 12. 76.
Ribbert, *Hugo*, Dr. med., o. Prof. d. pathol. Anatomie, Bonn 20. 6. 00.
Romberg, *Ernst*, Dr. med., o. Prof. der klin. Medicin, Tübingen 20. 6. 00.
Rost, *Eugen*, Dr. med., Hülfsarbeiter am Reichs-Gesundheitsamt, Berlin . . . . (16. 2. 98.)
Rubner, *Max*, Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Geh. Med.-Rat, Berlin . . . . . . , ... 13. 1. 86.
Rumpf, Theodor, Dr. med., Prof., Bonn . . . . 14. 3. 90.
Ruppel, *Wilhelm*, Dr. phil., Prof., Höchst . . . . (18. 7. 00.)
Schell, Wilhelm, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Geh. Rat, Karlsruhe . . . . 29. 4. 57.
(13. 2. 56.)
Schmidt-Rimpler, *Hermann*, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Halle . . . . 15. 11. 71.
Schottelius, Max, Dr. med., o. Prof. d. Hyg., Hofrat, Freiburg i. B. (11. 7. 79.)
Seemann, John, Dr. med., Privatdoc. d. Physiologie, Giessen 5. 6. 02.
Siemens, *Friedrich*, Dr. med., Geh. Med.-Rat, Dir. d. Landes-irrenanstalt Lauenburg i. P. . . . . (19. 12. 79.)
**Speck*, *Carl*, Dr. med., San.-Rat, Kreis-Physik., Dillenburg 5. 4. 71.
Strahl, Hans, Dr. med., o. Prof. der Anatomie, Giessen . . 27. 1. 88.
(14. 12. 80.)
Study, *Eduard*, Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Greifswald (14. 3. 90.)
Uhthoff, *Wilhelm*, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau . . . . 4. 12. 91.
Weber, *Heinrich*, Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Strassburg 11. 3. 85.
Wernicke, *Erich*, Dr. med., Prof., Director des hygien. Instituts in Posen . . . . 16. 2. 98.
(10. 2. 97.)
Wüllner, *Adolf*, Dr. phil., o. Prof. der Physik, Geh. Reg.-Rat, Aachen . . . . (8. 12. 58.)

Der Vorstand.

M. Bauer, Vorsitzender. *J. Disse*, Ständiger Schriftführer.

Engerer Ausschuss.

E. Korschelt, Stellvertretender Vorsitzender, *F. Richarz*, *F. Schenk.*

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 1|2 Januar|Februar 1905

In der ordentlichen Sitzung vom 11. Januar sprach Herr Karl Schaum:

Über die photographische Wirksamkeit des Ozons.

Die von mehreren Forschern beschriebene[1]) und in den letzten Monaten von Herrn W. Braun und mir[2]) eingehend untersuchte photographische Wirksamkeit des Ozons ist von Herrn L. Graetz[3]) unter Bezugnahme auf unsere Ergebnisse bestritten worden. Mit Hilfe einer einfachen Versuchsanordnung kann ich Ihnen hier die Wirksamkeit des Ozons demonstrieren. In den lichtdichten hölzernen Kasten wird die Kasette eingeführt, welche eine zum Teil durch Metall- und Glimmerplättchen vor dem Ozon geschützte Bromsilbergelatineplatte enthält. Nach 5 Minutenlanger Einwirkung des ozonischen Sauerstoffstroms erkennen Sie jetzt beim Hervorrufen mit rotgefärbtem Hydrochinonentwicker, welcher die Benutzung einer Dunkelkammer unnötig macht, deutlich die Schwärzung der vom Ozon getroffenen Stellen.

---

1) Vgl. K. Schaum, Z. f. wissensch. Photogr. II, 427. 1905.

2) Z. f. wissensch. Photogr. II, 285. 1904.

3) Vortrag auf der Breslauer Naturforscher-Versammlung; vgl. Phys. Z. 5, 688. 1904. Siehe dazu F. Richarz, Pys. Z. 6, 1. 1905.

Der Widerspruch zwischen den Ergebnissen des Herrn Graetz und zwischen den unsrigen erklärt sich in einfacher Weise. Die verschiedenen Plattensorten haben eine sehr verschiedene Empfindlichkeit gegen Ozon, die wohl in den Eigenschaften der Gelatine begründet ist. Herr Graetz hat wahrscheinlich zu seinen Versuchen ein sehr unempfindliches Präparat benutzt.[1])

In der Sitzung vom 8. Februar sprach Herr Lohmann über:

Demonstration einer einfachen Vorrichtung zur Unterhaltung der künstlichen Atmung.

Dieselbe besteht kurz in folgendem: Aus einer Sauerstoffbombe mit Reducierventil strömt der Sauerstoff mit mässiger Geschwindigkeit zunächst in ein T-Rohr, dessen zweiter Schenkel mit der Trachea des Versuchstieres verbunden ist. Der dritte Schenkel führt zu einem in einem schmalen Standgefäss stehenden Glasrohr; das Standgefäss ist mit verd. Schwefelsäure halb gefüllt. Der Sauerstoff verdrängt die Schwefelsäure im Glasrohr und drängt sie im Standgefäss empor. Bei einer bestimmten Höhe des Spiegels der Flüssigkeit wird durch dieselbe zwischen zwei Platinblechscheiben ein elektrischer Strom geschlossen. Dieser öffnet mittelst eines Electromagneten ein Ventil, das in die Sauerstoffleitung zwischen T-Rohr und Glasrohr eingeschaltet ist. Dadurch wird rhythmisch der Überdruck abgelassen und die Lunge zum collabieren gebracht. Zahl und Tiefe der Atemzüge ferner die der Exspiration entsprechende Drucksenkung sind beliebig verriierbar. Ausführlichere Beschreibung erscheint in Pflügers Archiv.

Bericht über Versuche, die näheren Aufschluss über die Automatie der Brückenfasern des Herzens geben sollen.

An der Hand von Curven, Figuren und durch Demonstration eines Versuches sollte gezeigt werden, dass die regelmässige Art

---

1) Näheres berichten wir in der Z. f. wissensch. Photogr., Bd. III.

des Auftretens und Abklingens der Befähigung der Brückenfasern zu automatischen Contractionen durchaus zweckmässig ist. Insbesondere wurde ausgeführt, dass bei künstlicher directer Reizung der Brückenfasern die dann von hier ausgehenden Herzcontractionen vollauf im Stande sind, die Blutcirculation zu unterhalten. Dies wurde nachgewiesen durch Beobachtung der Circulation in der Froschzunge bei gleichzeitiger Reizung der Brückenfasern ferner beim Kaninchen durch Registrierung des Blutdruckes, während das Herz künstlich hervorgerufene von den Brückenfasern ausgehende Contractionen ausführte.

Demonstration eines Kymographions mit electrischem Antrieb.

Die Construction desselben wurde von dem Mechaniker des hiesigen Physiologischen Institutes, Herrn Rinck ausgearbeitet. Inbezug auf Leistungsfähigkeit steht es den bisher gebräuchlichen Kymographien durchaus nicht nach. Dabei ist der Preis desselben ein verhältnismässig geringer.

In derselben Sitzung sprach Herr F. Schenck:

Über die Entartungsreaction bei ermüdeten Nerv-Muskel-Präparaten.

Die Untersuchung, über welche ich berichten will, ist auf meine Veranlassung von Herrn Dr. Achelis ausgeführt worden; sie wirft einiges Licht auf das Wesen der Erscheinung, die dem Kliniker unter dem Namen der Entartungsreaction bekannt ist.

Um die Fragestellung, die den Versuchen zu Grunde liegt, klar zu legen, muss ich etwas weiter ausholen, und erst an die Grundgesetze der elektrischen Nervenreizung erinnern.

Wenn man einen constanten elektrischen Strom durch den herauspräparirten Nerven eines Nerv-Muskelpräparates vom Frosche durchleitet, so entsteht bei hinreichender Stromstärke sowohl bei dem Vorgang der Stromschliessung als auch bei der

Stromöffnung eine Nervenerregung, die zum Muskel hingeleitet eine Zuckung verursacht. Der Erregungsort im Nerven ist aber bei Schliessung und Öffnung verschieden. Bei der Schliessung entsteht die Erregung da, wo die Kathode dem Nerven anliegt, bei der Öffnung da, wo die Anode liegt. Die Schliessungserregung an der Kathode ist dabei stärker als die Öffnungserregung an der Anode und daraus erklärt sich, dass bei den schwächsten überhaupt wirksamen Strömen nur Schliessungszuckungen zu stande kommen, und erst bei etwas stärkeren Strömen sowohl Schliessungs- als Öffnungszuckungen. Bei den schwächsten überhaupt wirksamen, sowie bei den etwas stärkeren Strömen ist es für das Auftreten der Schliessungszuckung, resp. Schliessungs- und Öffnungszuckungen einerlei, wie der Strom im Nerven gerichtet ist, ob aufsteigend, d. h. vom Muskel gegen das Centralorgan hin, oder absteigend, d. h. vom Centralorgan gegen den Muskel hin. Bei sehr starken Strömen macht sich freilich auch ein Einfluss der Stromrichtung geltend, aber das hat für unsere weiteren Betrachtungen hier kein besonderes Interesse, so dass ich unterlassen kann, darauf einzugehen.

Das Gesagte gilt, wie ich nochmals besonders hervorhebe, für den motorischen Nerven, der zusammen mit dem zugehörigen Muskel aus dem Körper herauspräparirt ist und dem die stromzuführenden Elektroden direkt angelegt werden.

Für den Arzt hat aber die Frage Interesse, ob dasselbe Erregungsgesetz auch noch gilt, wenn der in situ d. h. im unversehrten Körper befindliche Nerv mit dem Strom durchströmt wird. Man kann da die Elektroden nicht direkt dem Nerven allein anlegen, weil der Nerv immer noch von anderen Gebilden, vor allem immer von der Haut bedeckt wird. Man pflegt die Elektroden so anzulegen, dass man eine kleine Elektrode auf eine Hautstelle, die über dem zu untersuchenden Nerven liegt, aufsetzt, die andere auf eine Stelle über dem nervösen Centralorgan, z. B. auf die Stirn, oder auf den Nacken. Erstere Elektrode nennt man die differente, letztere die indifferente. Bei oberflächlicher Betrachtung sollte man nun meinen, dass der

Strom im Nerven einfach zwischen beiden Elektroden läuft, also aufsteigend gerichtet wäre, wenn die differente die Anode ist, und absteigend, wenn die differente die Kathode ist. In Wirklichkeit sind aber die Verhältnisse viel complicirter, weil der Strom durch den ganzen Körper sich verzweigt, daher gehen Stromschleifen nicht bloss durch das oberhalb der differenten Elektrode gelegene Nervenstück, sondern auch mehr oder weniger schräg durch das untere Nervenstück und zwar haben die Stromschleifen oberhalb und unterhalb der differenten Elektrode im Nerven im Allgemeinen entgegengesetzte Richtung. Ist die differente Elektrode die Anode, so ist die allgemeine Richtung der Stromschleifen oberhalb aufsteigend, unterhalb absteigend; ist die differente Elektrode die Kathode, so sind die Stromschleifen oberhalb derselben absteigend, unterhalb derselben aufsteigend gerichtet.

Wir können diese Art der Durchstömung des in situ gelassenen Nerven im Allgemeinen gleichartig erachten der Durchströmung eines herauspräparirten Nerven, an den drei Elektroden angelegt wären. Die mittlere der drei Elektroden wäre mit dem einen Pol der Stromquelle verknüpft, die beiden seitlichen mit dem anderen Pole. Wir nennen diese Elektrodenanordnung die tripolare zum Unterschiede von der zuerst erwähnten Elektrodenanordnung, die wir als die bipolare bezeichnen.

Welche Zuckungsformel bei der tripolaren Durchströmungsart auftreten muss, lässt sich nun unter Berücksichtigung der Besonderheiten der Durchströmung leicht ableiten aus dem, was bei der bipolaren Durchströmungsart schon gesagt worden ist.

Das Charakteristische bei der tripolaren Durchströmung ist, dass der Strom an der mittleren Elektrode unverzweigt, an den seitlichen Elektroden dagegen in zwei Zweige verzweigt ist. Deshalb muss an der mittleren Elektrode die Stromdichte grösser sein, als an jeder der seitlichen Elektroden, und da die Stromdichte auch für die physiologische Wirkung maassgebend ist, so muss daher die mittlere Elektrode relativ stärker, jede der seitlichen Elektroden relativ schwächer wirksam sein, als der Wirksamkeit der Elektroden bei bipolarer Durchströmung entspricht.

Bedenkt man noch, dass bei bipolarer Durchströmung ceteris paribus die Kathode stärker wirksam ist, als die Anode, so ergiebt sich für die tripolare Durchströmung Folgendes:

Ist die mittlere Elektrode die Kathode, so muss der von der bipolaren Anordnung her bekannte Unterschied der Elektrodenwirkung noch stärker hervortreten, weil wir ja eine noch vie stärker wirksame Kathode, eine noch viel schwächer wirksame Anode haben. Es wird daher in diesem Falle der tripolaren Anordnung bei den schwächsten überhaupt wirksamen Strömen schon die durch die Erregung an der starken Kathode bedingte Schliessungszuckung, aber erst bei sehr viel stärkerem Strome auch die durch die Erregung an der schwachen Anode bedingte Öffnungszuckung auftreten.

Ist dagegen die mittlere Elektrode die Anode, so muss der von der bipolaren Anordnung her bekannte Unterschied der Elektrodenwirkung in geringerem Maasse hervortreten, er kann ganz verschwunden sein, weil jetzt die Versuchsanordnung es mit sich bringt, dass die Anode relativ stark, die Kathode relativ schwach wirksam ist. Es wird daher ungefähr bei ein und derselben mittleren Stromstärke sowohl Schliessungs- als Öffnungszuckung auftreten.

Setzen wir, um in einer kurzen Formulirung die Beziehung der Stromrichtung zu der entstehenden Zuckung zum Ausdruck zu bringen, immer die Bezeichnung der mittleren Elektrode der Zuckung voraus, so erhalten wir also:

1) bei schwachen Strömen nur die Kathodenschliessungszuckung;
2) bei etwas stärkeren Strömen auch die Anodenschliessungs- und Öffnungszuckung, und erst
3) bei noch stärkeren Strömen auch die Kathodenöffnungszuckung.

Tatsächlich wird diese Zuckungsformel auch sowohl bei tripolarer Reizung des herauspräparirten motorischen Nerven, als auch bei dem in der erwähnten Weise durchströmten, in situ gelassenen Nerven erhalten, wobei in letzterem Falle die

differente Elektrode gleich der mittleren Elektrode der tripolaren Anordnung zu setzen ist.

Auf die Übereinstimmung, die zwischen der sogenannten normalen menschlichen Zuckungsformel und dem bei tripolarer Reizung zu erhaltenden Zuckungsgesetz besteht, hat schon vor etwa 30 Jahren Filehne[1]) aufmerksam gemacht. Dieser Punkt in der Abhandlung Filehnes ist etwas in Vergessenheit geraten; der didaktisch wertvolle Vergleich der tripolaren Durchströmung mit der Durchströmung des in situ gelassenen Nerven ist in die Lehrbücher wenig übergegangen. Es mag dies daran liegen, dass Filehne hierauf nur ganz kurz eingegangen ist und nur einen Versuch mit tripolarer Reizung angestellt zu haben scheint. Mit Rücksicht auf die didaktische Bedeutung dieses Vergleiches hat Herr Dr. Achelis zunächst eine grössere Zahl von Versuchen mit tripolarer Reizung des isolirten motorischen Nerven angestellt, und tatsächlich immer ein der menschlichen Zuckungsformel gleiches Zuckungsgesetz gefunden.

Es ist nun ohne weiteres klar, und bedarf keiner ausführlichen Erörterung, dass es nicht notwendig ist, die drei Elektroden der tripolaren Anordnung nur an den Nerven anzulegen; wir können auch nur zwei Elektroden dem Nerven anlegen, die dritte dem Muskel, ohne dass sich an dem Resultate der Reizung etwas ändert, weil auch in letzterem Falle der für den Erfolg notwendige Unterschied der Stromdichte an der mittleren und den seitlichen Elektroden, deren eine jetzt dem Muskel anliegt, besteht. Bei dem in situ gelassenen Nerven gehen die Stromschleifen ja auch durch den Muskel.

Ja der erforderliche Unterschied der Stromdichte lässt sich sogar bei einer besonderen Form der bipolaren Anordnung erreichen: wenn man nämlich von den beiden Elektroden nur eine dem Nerven, die andere dem Muskel anlegt. Denn der Muskel ist dicker, als der Nerv, die Stromdichte wird daher im Muskel bei der beschriebenen Anordnung wegen des grösseren Querschnittes geringer sein. Dazu mag noch kommen, dass der

1) Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 7.

Muskel an sich auch schwerer erregbar ist, als der Nerv. Herr Dr. Achelis hat gefunden, dass man auch bei dieser Art der bipolaren Durchströmung des Nerv-Muskelpräparates die normale menschliche Zuckungsformel erhalten kann.[1] Dies dürfte die einfachste und übersichtlichste Anordnung des Versuches sein, durch den sich die menschliche Zuckungsformel am ausgeschnittenen Nerv-Muskelpräparat demonstriren lässt. Es entspricht dabei die am Nerven liegende Elektrode der differenten Elektrode bei Durchströmung des in situ gelassenen Nerven.

Nachdem so festgestellt war, wie man in übersichtlicher Weise durch tripolare, resp. die erwähnte bipolare Durchströmung von Nerv und Muskel die menschliche Zuckungsformel beim Nerv-Muskelpräparat erhalten kann, lag der Gedanke nahe, zu untersuchen, ob man durch irgend welche Veränderungen des Präparates auch die Abweichung von der normalen Formel erhalten kann, die der Kliniker bei entartenden Nerven und Muskel beobachtet hat, und die deshalb den Namen Entartungsreaction erhalten hat. Diese Entartungsreaction zeigt sich in folgenden Erscheinungen:

1) Während bei normalen Nerven und Muskeln die Kathodenschliessungszuckung bei schwächerem Strom zu erhalten ist, als die Kathodenöffnungszuckung, zeigt sich bei der Entartung eine Umkehr der Zuckungsformel: Die Kathodenöffnungszuckung tritt bei geringerer Stromstärke auf, als die Kathodenschliessungszuckung.

2) Es zeigt sich wenigstens im Beginne der Entartung eine gesteigerte Erregbarkeit insofern, als die Kathodenöffnungszuckung schon bei viel geringerer Stromstärke auftritt, als sie in der Norm aufzutreten pflegt.

---

1) Herr Achelis hat bei diesen Versuchen die Muskelelektrode dem Bauche des Muskels direkt angelegt und dabei wenigstens in vielen Fällen jene Zuckungsformel erhalten. Nach meinen Erfahrungen erhält man aber die Formel immer sicher, wenn man die Muskelelektrode mit dem Muskel verbindet durch einen mit physiologischer Kochsalzlösung getränkten Baumwollfaden, den man um die Achillessehne des Gastrocnemius schlingt.

3) Die Zuckungen des Muskels verlaufen bei der Entartung sehr viel langsamer, als in der Norm.

Aus Gründen, die ich hier nicht ausführlich wiedergeben kann, die aber zum Teil aus den theoretischen Bemerkungen am Schlusse zu entnehmen sind, erschien es mir aussichtsvoll, zu untersuchen, ob nicht das ermüdete Nerv-Muskelpräparat eine Reaction geben würde, die in einigen wesentlichen Punkten mit der Entartungsreaction übereinstimmte, und ich veranlasste daher Herrn Dr. Achelis, die elektrische Reaction des durch häufige Reizung des Nerven ermüdeten Nerv-Muskelpräparates mit der beschriebenen Elektrodenanordnung zu prüfen.

Das Resultat dieser Untersuchung war ein überraschend positives: am ermüdeten Nervmuskelpräparat werden alle drei charakteristischen Symptome der Entartungsreaction: Umkehr der Zuckungsformel, gesteigerte Erregbarkeit und träge Zuckung erhalten, und zwar traten die Symptome so regelmässig und sicher auf, dass wir das ermüdete Nerv-Muskelpräparat als ein sehr geeignetes Object zur Demonstration der Entartungsreaction empfehlen können, insbesondere auch deshalb, weil man bei fortschreitender Ermüdung den allmählichen Übergang der normalen Reaction in die Entartungsreaction bequem verfolgen kann.

Die Versuchsaufstellung, die zu der Demonstration dient, ist folgende: Als Stromquelle dient eine Batterie von 3 hintereinander geschalteten Daniell-Elementen. Die Pole der Batterie sind durch zwei Leitungsdrähte verknüpft mit den beiden Enden eines 50 cm langen Rheochorddrahtes. Von dem einen Ende des Rheochorddrahtes, sowie von dem auf dem Rheochord verschieblichen Schlitten führen weiter zwei Leitungen zu den beiden dem Präparate anliegenden unpolarisirbaren Elektroden. Die Stromstärke des durch das Präparat gehenden Stromzweiges kann in dem Falle abgestuft werden durch Verschieben des Rheochordschlittens auf dem Rheochorddraht; sie ist um so grösser, je weiter entfernt der Schlitten von dem einen Ende des Rheochorddrahtes ist. In die Leitungen zwischen Rheochord und Elektroden ist ausserdem noch ein Stromwender sowie ein Quecksilberschlüssel eingeschaltet.

Über den Thonstiefel der einen Elektrode wird der Nerv des Präparates gelegt, an den anderen Thonstiefel wird ein mit physiologischer Kochsalzlösung getränkter Baumwollfaden angeheftet, dessen anderes Ende um die Achillessehne des zu dem Versuche verwendeten Froschgastrocnemius ge-

schlungen ist. Der Muskel ist mit seinem oberen Ende befestigt an einem durch die Kniegelenkkapsel gesteckten Haken, die Achillessehne ist angebunden an einen leichten einarmigen Hebel, dessen freies Ende die Muskelkontraction in stark vergrössertem Maasse erkennen lässt. Der Muskel wird noch belastet durch ein an den Hebel unter ihm angehängtes Gewicht von etwa 50 gr.

Ausserdem wird noch ein Inductionsapparat mit Wagner'schem Hammer und mit Tauchelement als Stromquelle im primären Stromkreis aufgestellt. Von der secundären Spule führen Leitungen zunächst zu einem als Kurzschluss eingeschalteten Schlüssel und von da weiter zu zwei Elektroden aus Metalldrähten, die dem oberen Nervenende angelegt werden oberhalb der Stelle, wo die unpolarisirbare Elektrode liegt.

Es wird dann die Reizschwelle, d. h. die eben wirksame Stromstärke sowohl für Schliessung als für Öffnung des constanten Stromes festgestellt, wobei jedesmal zwischen Schliessung und darauf folgender Öffnung die gleiche Zeit — sagen wir 5 Sec. — vergehen muss.

Diese Bestimmung geschieht bei beiden Stromrichtungen und es wird sich da ergeben, dass bei der geringsten wirksamen Stromstärke nur Schliessung des aufsteigenden, d. h. vom Muskel zum Nerven hin gerichteten Stromes wirksam ist, bei etwas grösserer Stromstärke ist auch die Schliessung und die Öffnung des absteigenden Stromes wirksam, aber erst bei sehr viel stärkeren Strömen auch die Öffnung des aufsteigenden Stromes.

Dann wird mit Hülfe des Inductionsapparates der Nerv durch Öffnen des Kurzschlusses gereizt und der Muskel so einige Zeit hindurch tetanisirt. Alsdann untersucht man wieder die Reizschwelle des constanten Stromes für Schliessung und Öffnung hauptsächlich des aufsteigenden Stromes, alsdann wird wieder durch Tetanus weiter ermüdet, dann wieder die Reizschwelle bestimmt u. s. f.

Man beobachtet dann bei fortschreitender Ermüdung die allmählige Umkehr der Zuckungsformel und auch die anderen Symptome der Entartungsreaction.[1])

Die Bedeutung der Untersuchung des Herrn Dr. Achelis liegt aber nicht nur darin, dass wir jetzt ein bequemes Versuchsverfahren haben, die normale menschliche Zuckungsformel und

1) In Ergänzung der Angaben des Herrn Dr. Achelis (siehe Pflüger's Archiv Bd. 106) sei hier bemerkt, dass ich manchmal in einem gewissen Grade der Ermüdung bei geringer Stromstärke noch eine sehr schwache Kathodenschliessungs-Zuckung beobachtete, die aber bei etwas stärkerem Strome nicht mehr auftrat. Dies ist wohl daraus zu erklären, dass das schon ermüdete Nervenendorgan durch den erst bei stärkeren Strömen sich mehr ausbreitenden und daher vom Muskel bis zum Endorgan reichenden Anelektrotonus ganz leitungsunfähig gemacht wird.

die Entartungsreaction in übersichtlicher und didactisch wertvoller Weise zu demonstriren; die Versuche werfen auch Licht auf das Wesen der Entartungsreaction.

Über das Wesen der Entartungsreaction waren bisher die Ansichten der Kliniker geteilt. Die Umkehr der Zuckungsformel glaubten einige Autoren auf eine Umkehr der Polwirkung zurückführen zu können; derart dass nun bei Schliessung an der Anode, bei Öffnung an der Kathode die Erregung statt habe. Wegen der Schwierigkeiten, die sich dieser Auffassung entgegenstellen, haben andere Autoren angenommen, dass im Nerven eine Stelle grösster Erregbarkeit sei, die bei der normalen und der pathologischen Reaction verschieden liege. Kurz es herrscht da noch keine Klarheit in der Auffassung.

Unsere Versuchsresultate lassen zunächst die Umkehr der Zuckungsformel als etwas Einfaches, ich möchte sagen Selbstverständliches erscheinen, wenn man noch das in Rücksicht zieht, was die Physiologie bisher über die Ermüdung des Muskels durch Reizung von seinem Nerven aus in Erfahrung gebracht hat.

Aus physiologischen Untersuchungen geht nämlich hervor, dass bei fortgesetzter Reizung des Nerven dieser selbst an der Ermüdung fast gar nicht teil nimmt; der Muskel nimmt schon mehr an der Ermüdung teil; was aber ganz besonders durch die fortgesetzte Reizung geschädigt wird, das ist das Organ, welches zwischen Nerv und Muskel liegt und das die Erregungen von Nerv auf den Muskel zu übertragen hat, das Nervenendorgan. Bei einem Ermüdungsgrade, bei dem der Muskel selbst durch einen etwa auf ihn wirkenden directen Reiz noch recht gut erregbar ist, ist daher das Nervenendorgan schon so stark erschöpft, dass es die von Nerven herkommenden Erregungen kaum mehr auf den Muskel übertragen kann, jedenfalls nur noch dann, wenn die Nervenerregung eine sehr starke ist. Der Muskel ist alsdann sozusagen entnervt, Reizung des Nerven hat gar keine oder doch höchstens eine schwache Erregung des Muskels zur Folge.

Eine Nervenerregung von solchem Grade, dass sie bei unermüdetem Präparate recht wohl auf den Muskel übertragen

werden kann, wird also bei ermüdetem Präparate nicht mehr auf den Muskel übertragen werden können.

Nun findet aber bei der sogenannten Kathoden-Schliessungszuckung des unermüdeten Präparates die Erregung im Nerven statt, wo die Kathode wirkt. Mit fortschreitender Ermüdung muss daher die Kathoden-Schliessungszuckung immer schwächer werden; es wird eine immer grössere Stromstärke notwendig sein, um sie zu erhalten, und bei hochgradiger Ermüdung wird sie schliesslich gar nicht mehr, selbst bei Anwendung stärkster Ströme, zu erhalten sein.

Die sogenannte Kathoden-Öffnungszuckung kommt aber in unserem Versuche dadurch zu stande, dass die Erregung in dem Muskel selbst an der Anode bei der Öffnung entsteht. Beim unermüdeten Präparate haben wir hierzu grössere Stromstärke nötig, als für die Kathoden-Schliessungszuckung, weil die Anode, aus den schon mehrfach erwähnten Gründen weniger wirksam ist, als die Kathode. Da nun bei fortschreitender Ermüdung des Präparates der Muskel zunächst wenigstens nur in geringem Maasse an der Ermüdung teil nimmt, so kann die Anodenwirkung noch recht gut vorhanden sein, die sogenannte Kathoden-Öffnungszuckung also noch gut auftreten bei einer Stromstärke, bei der die von der Kathode ausgehende Schliessungserregung schon nicht mehr zum Muskel hingeleitet wird. So erklärt sich die Umkehr der Zuckungsformel, sie beruht also im Wesentlichen darauf, dass der Muskel durch die Ermüdung sozusagen entnervt wird. Da wir bei dem in situ durchströmten Nerven des Menschen analoge Durchströmungsverhältnisse haben, wie in unserem Versuche am Präparate, so dürfte die Reaction der entartenden Nerven und Muskeln auch darauf zurückzuführen sein, dass der Muskel durch die Entartung des Nerven allmählich entnervt wird. Wesentlich ist danach für die Umkehr der Zuckungsformel, dass der Muskel noch seine Erregbarkeit besitzt zu einer Zeit, wo die Reizung des Nerven schon weniger wirksam geworden ist. Vielleicht wird bei der pathologischen Entartung, gerade so wie bei Ermüdung, nicht erst der Nerv, sondern auch

das Nervenendorgan zunächst betroffen, doch lässt sich darüber noch nichts Sicheres aussagen.

Die Erscheinung der Entartungsreaction erinnert auffallend an eine andere Tatsache, die dem Physiologen unter dem Namen des polaren Versagens bekannt ist. Wenn man bei einem curaresirten Froschsartorius ein Stück an einem Ende durch Quetschen oder durch Einwirkung von Hitze abtötet, so erhält man bei Durchleitung eines elektrischen Stromes keine Schliessungszuckung, wenn die Kathode, und keine Öffnungszuckung wenn die Anode an der abgetöteten Stelle liegt. Es liegt das daran, dass das Muskelstück, welches in diesen Fällen im Bereiche der für die Erregung maassgebenden Elektrode liegt, nicht mehr erregt werden kann. Analog kommt bei der Entartungsreaction die Erregung nicht mehr zu stande, wenn es der entartete, d. h. unerregbar gewordene Nerv ist, der im Bereiche der für die Erregung maassgebenden Elektrode liegt.

Die gesteigerte Erregbarkeit im Anfange der Ermüdung, sowie die trägen Zuckungen sind Erscheinungen, die wir zwar noch nicht bis in alle Einzelheiten zu erklären vermögen, die aber dem Physiologen insofern nichts Befremdendes bieten, weil sie schon bisher, nach früheren Untersuchungen an ermüdeten Muskel, bekannt waren. Wegen der Analogie, die diese Erscheinungen mit den Symptomen der Entartung zeigen, vermag vielleicht auch in diesem Punkte die Fortführung der physiologischen Untersuchungen zugleich beizutragen zur Aufklärung des Wesens der Entartungsreaction.

Schliesslich noch eins. In den Kreisen der Neuropathologen ist man bemüht gewesen, festzustellen ob etwa die Entartungsreaction abhängig ist von pathologisch-anatomisch nachweisbaren Veränderungen in Nerv oder Muskel. Hierüber sind von manchen Autoren Vermutungen ausgesprochen, weil man gelegentlich wohl eine Coïncidenz der Symptome der Entartungsreaction mit anatomisch nachweisbaren Veränderungen beobachtet hat. Auf Grund unserer Beobachtung müssen wir sagen, dass diese Coïncidenz eine zufällige ist, weil, wenigstens so weit bisher bekannt ist, die Ermüdung, die die typischen Symptome der Entartungsreaction liefert, nicht zu solchen anatomisch nachweisbaren Veränderungen in Nerv oder Muskel führt, wie man sie zugleich mit der Entartungsreaction gefunden hat.

Ferner sprach Herr A. Schwantke:

Über Verwachsungen von monoklinem Augit mit Olivin.

In diesen Sitzungsberichten (1904. Nr. 7. p. 104) wurde vom Verf. eine orientierte Verwachsung von Olivin mit rhombischem und monoklinem Augit aus einem Olivinfels des Basaltes von Amöneburg mitgeteilt. In diesem Falle ist die Orientierung des monoklinen Augit mit dem Olivin durch den parallel orientierten rhombischen Augit vermittelt.

In dem Basalt wird man eine direkte Verwachsung des echten basaltischen Augit mit dem Olivin von vorn herein weniger erwarten, da der Olivin als der ältere Gemengteil in der Regel vor dem Beginn der Augitausscheidung ausgewachsen, wenn nicht gar bereits korrodiert ist. (Wir sehen hier ab von den ältesten Einsprenglingsaugiten, die ein Weiterwachsen protogener Keime darstellen). Wo sich scheinbare Einschlüsse von Augit in Olivinen zeigen, sind sie wohl meist durch die Einlagerung des jüngeren Augit in Buchten des corrodierten Olivin zu erklären. Indessen dürfte es sich in dem hier zu beschreibenden Fall um eine etwas innigere Verwachsung des gewöhnlichen monoklinen Augit mit dem Olivin handeln, die mehr als ein zufälliges Anwachsen bedeutet.

Besonders charakteristisch zeigte dieselbe der Basalt des Ratsberges bei Jauer in Schlesien. Das Gestein ist ein sehr feldspatarmer Basalt; als älteste Ausscheidungen erscheinen (neben den Magneteisenkörnchen) zahlreiche Einsprenglinge von Olivin mit z. T. vollkommener krystallographischer Begrenzung in der gewöhnlichen Form. Auf den Olivin folgt in der Ausscheidungsreihe der Gemengteile der Augit: seine grösseren Einsprenglinge lassen sich als ältere Generation von den Mikrolithen der Grundmasse, in deren Gemenge sie liegen, unterscheiden, ohne dass es möglich wäre, einen Hiatus in der Augitausscheidung zu erkennen. Vor den letzen Augitmikrolithen erscheinen auch schon die spärlichen Leisten des Plagioklas. Die Basis bildet ein farbloses Glas. Für den Olivin ist es

charakteristisch, dass der Augit unmittelbar randlich mit ihm verwachsen ist. Meist trägt der Olivin nur einen schmalen Kranz von Augit oder es sind ihm nur an einzelnen Stellen kleine Augitindividuen aufgesetzt; daneben finden sich aber auch Fälle, in denen die Augitsubstanz überwiegt und der Olivin als zentraler Kern vom Augit rings umschlossen wird. Der Ansatz beliebiger Augitkörnchen dicht an den Olivin, wie er sich auch hier findet, böte nichts bemerkenswertes. Die Augite wachsen aber hier z. T. unmittelbar gewissermassen aus dem Olivin heraus. Im gewöhnlichen Licht sieht man dann auch keine scharfe Trennungslinie, sondern der Augit verhält sich wie eine bräunlich gefärbte Randpartie zum farblosen Olivin.

Die Einzelheiten der Verwachsung lassen sich ohne Abbildung schwer beschreiben. Ganz allgemein kann man sagen, dass der Augit das Bestreben zeigt, seine Individuen mit dem Olivin parallel zu stellen. Es geschieht einerseits derart, dass sich Augitindividuen einer Fläche des Olivinkrystalls parallel anlegen, eine mehr äusserliche Art der Verwachsung, wie sie in anderen Fällen auch zwischen Olivin und Feldspat beobachtet werden kann. Daneben zeigt sich aber auch eine in gewisser Weise orientierte Verwachsung beider Mineralien. Sie ist auch teilweise gleichzeitig durch gleiche Orientierung der Augitindividuen charakterisiert, dürfte aber kaum durch ein bestimmtes Gesetz ausgedrückt werden können, nach dem der Olivin und Augit irgend welche zwei Flächen gemeinsam haben. Besser kann man sagen, der Augit ist in der Wachstumsrichtung des Olivin fortgewachsen, indem er zugleich das Bestreben zeigt, sich dem Olivin vollkommen anzuschliessen. Die gleiche Orientierung im Schliff an getrennten Stellen eines Olivinkorns liegender Augitkryställchen kann sich auch durch die ursprüngliche Zugehörigkeit zu einem Individuum erklären, die durch den Schnitt aufgehoben wurde. Die Ursache der Orientierung würde dann im Augit selbst zu suchen sein. Es zeigt aber auch der Olivin eine Einwirkung auf die Orientierung der Augite, indem diese besonders an die Krystallbegrenzung des Olivin

gebunden ist. Je unvollkommener die Begrenzung des Olivin ist, umso unregelmässiger ist auch der Augit an diesen angewachsen; kleine, ringsum korrodierte Olivinkörner sind als unregelmässige Augitknäuel weitergewachsen.

Solche Augitknäuel finden sich besonders in einigen charakteristischen Basalttypen, die durch die Untersuchung der niederhessischen Basalte im mineralogischen Institut zu Marburg bekannt geworden sind. Das ausgezeichnetste Gestein dieser Art ist der von W. Schultz (Neues Jahrbuch f. Mineralogie etc. Beilageband XVI. 1902. p. 257 f., Taf. IX, Fig. 1) beschriebene Basalt vom Hügelskopf bei Homberg a. d. Efze (Hügelskopftypus); O. Reuber hat dann später (Neues Jahrb. f. Min. etc. Beilageband XIX. 520. 527, Taf. XXVII, Fig. 3) ähnliche Gesteine gefunden, besonders am Almuthsberge südlich Homberg a. d. E. (Almuthsbergtypus). W. Schultz hat auf die Beziehung zwischen Olivin und Augit in den Augitknäueln schon hingewiesen (p. 259): „Bemerkenswert sind die Verwachsungen von Augit und Olivin. Man bemerkt oft grosse, radial angeordnete Augite, die einen Stern bilden, dessen Centrum aus einem corrodierten Olivinkorn besteht. Selten dagegen ist die Umwachsung eines Olivinkrystalls mit Augit, in diesem Falle sind die angewachsenen Augite bedeutend kleiner. Eine orientierte Verwachsung zwischen beiden Mineralien liess sich nicht feststellen.“ Es sind also hier umgekehrt wie im Basalt vom Ratsberge die Augitknäuel häufiger als die randlichen Verwachsungen; die Ursache der Knäuelbildung ist wohl auch hier stets der Olivin, wenn auch das zentrale Körnchen nicht immer vom Schliff getroffen ist.

Auch der Basalt vom Almuthsberge enthält reichlich die (meist kleinen) Augitknäuel. Ein zentrales Olivinkörnchen sieht man in ihnen selten. Die randliche Verwachsung von Olivin mit Augit wird von O. Reuber in einem Falle erwähnt (p. 520): „Ein zweiter sehr langer und schmaler Olivin trägt einen Saum von optisch übereinstimmend orientierten Augiten.“ Wenn man speziell danach sucht, findet man diese randliche Verwachsung

etwas häufiger als im Basalt vom Hügelskopf, doch ist sie auch hier bei weitem nicht so ins Auge fallend, wie im Basalt vom Ratsberge. Das Vorkommen im Basalt vom Almuthsberge ist aber deshalb erwähnenswert, weil der Augit hier eine Altersbeziehung zu der zuletzt ausgeschiedenen Olivinsubstanz erkennen lässt. Wie O. Reuber bereits bei der Beschreibung des Gesteins erwähnt (p. 527. 528), zeigt der Olivin hier die auch anderweitig beobachtete und gewöhnlich als Zonarstruktur gedeutete Erscheinung, dass der randlich oder auch bis zur Mitte gerötete Kern nach aussen von einer schmalen Zone frischer farbloser Olivinsubstanz umgeben wird. Diese Umrandung ist weit häufiger als die Verwachsung des Olivin mit Augit, wo aber eine solche stattfindet, ist der Augit direkt an den roten Kern angewachsen. In einzelnen Fällen zeigt sich auch Augit neben dem farblosen randlichen Olivin, indem er den letzteren an einzelnen Stellen der Umrandung gewissermassen zu vertreten scheint.

Die Verwachsung von Augit und Olivin, wie sie der Basalt vom Ratsberge zeigt, ist so charakteristisch, dass sie mehr als ein zufälliges Anwachsen des jüngeren an den älteren Gemengteil bedeuten wird. Wenn es sich auch nicht um eine bestimmte gesetzmässig krystallographische Orientierung der beiden Mineralien handeln dürfte, so haben vielleicht besondere ihr speziell günstige Ausscheidungsbedingungen den Anlass gegeben. Wenigstens würde in diesem Sinne die zuletzt erwähnte Erscheinung im Basalt vom Almuthsberge eine Erklärung bieten. Für die farblose Umrandung der geröteten Olivine ist auch bemerkenswert, dass sie z. T. dem Rande eines korrodierten Korns folgt, wie es F. Möhle (Neues Jahrb. f. Min. Beil. Bd. XV. 1902. p. 84) beschreibt. Der helle Rand stellt also einen jüngeren Absatz von Olivin dar, und wenn wir im Basalt vom Almuthsberge den Augit mit dem jüngeren Olivin gleichzeitig ausgeschieden sehen, so wird es verständlich, dass gerade dann die innige Verwachsung von Olivin und Augit erfolgen konnte, wenn die Bedingungen zur Olivin- und Augitbildung gleichzeitig vorhanden waren.

In der anschliessenden Geschäftssitzung wurde zum ordentlichen Mitgliede der Gesellschaft gewählt Herr Prof. Friedrich Kohlrausch, Präsident der physikalisch-technischen Reichsanstalt.

Zu ausserordentlichen Mitgliedern: Herr Dr. Alfred Lohmann, Privatdocent der Physiologie, Herr Dr. Narciss Ach, Privatdocent der Philosophie, Herr Dr. Hermann Küttner, ausserordentlicher Professor der Chirurgie, Herr Dr. Fritz Heusler (Dillenburg).

Aufgelegte Schriften:

Sitzungsberichte der physik.-medizinischen Sozietät in Erlangen. 35. Heft. 1903. Erlangen 1904.

Transactions of the Academy of science of St. Louis. XII. Bd 9/10. XIII. 1/9. XIV. 1/6. St. Louis 1902/1904.

Verhandlungen der k. P. geolog. Reichsanstalt Wien. 1904 No. 9/1[illegible]. Wien 1904.

Zeitschrift für Naturwissenschaft. 77. Bd. (1904) 1/2. Heft. Stuttgart 1904.

Annual Report of the Geol. Survey of Canada (New Serici) Vol. XIII. 1900. Ottawa 1903.

Mapes to accomp. Annual Report of the Geol. Survey of Canada (New Serici). Vol. XIII. 1900. Ottawa 1904.

The American Naturalist. 38. Bd. No. 454. Boston Octbr. 1904.

Arkiv för Botanik af K. Svenska Vetens-Kaps-Akademien. III. Bd. Heft 1/3. Stockholm 1904.

Atti della sociéta Toscana di scienze naturali processi verbali. XIV. Bd. No. 5.

Atti della r. Accad. dei Lincei 1904. XIII. Bd. No. 8/9. Roma 1904.

2. Bericht des ornithologisch-oologischen Vereins zu Hamburg. 1902/3.

36. Bericht des naturwiss. Vereins für Schwaben und Neuburg. Augsburg 1904.

Boletin del Cuerpo de Ingenieros de minas del Perú. No. 11 u. 13. Lima 1904.

Bulletie of the N. Y. public library. VIII. Bd. No. 11. New-York 1904.

Leopoldina. 40. Heft. No. 10/11. Halle a. S. 1904.

Monthly list of publications. No. 504.
Parergones del Instituto geologico de Mexico. I. Bd. No. 4/5.
Mexico 1904.
Proceedings of the American Academy of arts et sciences. 40. Bd.
No. 3/5. August und Sept. 1904.
Proceedings of the Canadian Institute. New-Series No. 12.
(II. Bd. 6) Toronto 1904.
Smithsonian Miscellaneons Collections. II. Bd. No. 1. (47. Bd.
Publ. No. 1467). Washington 1904.
Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen
te Amsterdam. 1. Sectie. VIII. Teil No. 6/7 und Titel
mit Umschlag. Amsterdam 1904
Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen
te Amsterdam. 2. Sectie. X. Teil No. 1/6 und Titel
mit Umschlag. Amsterdam 1903/4.
Jaarbok van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen.
Amsterdam 1904.
Verslag van de gewone Vergaderingen der wiss.- an naturkundige
Afdeeling van 30./5. 1903 tot 28./11. 1904. XII. Teil. 1/2.
Amsterdam 1903/4.
Abhandlungen der naturforsch. Gesellsch. zu Görlitz. 24. Bd.
Görlitz 1904.
Anales del Museo national de Buenos-Ayres III. 3.
Buenos-Ayres 1904.
Archives du Muséo Teyler. II. Ser. IX. Bd. 1/2.
Haarlem 1904.
Atti della R. Accademia dei Lincei 1904. XIII. Bd. 10/11 fasc.
2 Sem. Roma 1904.
Bulletin of the New-York public library. VIII. Bd. No. 12.
New-York 1904.
Bulletin of he University of Kansas. IV. Bd. No. 9. Science
Brell. II. Bd. 10/15. No. 1. Lawrence Kan. Juni 1904.
Bulletin No. 1. Springfield Museum of natural history.
Springfield 1904.
V. Congrès international de médecine. Bulletin officiel No. 4.
Jahrbücher des Nass. Vereins f. Naturkunde. 57. Jahrg.
Wiesbaden 1904.
Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga. 47. Bd.
Riga 1904.
Monthly list of publications. Novbr. 1904. (No. 506).
Macoun, J. Catalogue of Canadian birds. III. Theil.
Ottawa 1904.
Proceedings of the American Academy of arts and sciences.
40. Bd. No. 6/7. Septbr. 1904.

Programme de la société Batave de philosophie exp. de Rotterdam 1904.
Regenwarnemingen in Nederlandsch-Indie. 25. Jahrg. 1903. cart. Batavia 1904.
22. Annual report of the public Museum of City of Milwaukee. Milwaukee 1904.
Report of tne Superintendent of the U.-St. naval observatory for 1903/4. Washington 1904.
Sociedade scientifica de S. Paulo: Relatoria 1903/4. Sao Paulo 1904.
Verhandlungen der naturf. Gesellsch. in Basel. XV. Bd. 3. Heft. Basel 1904.
Verhandlungen des naturwiss. Vereins in Karlsruhe. XVII. Bd. (1903/04). Karlsruhe 1904.
Verzeichniss der liter. Publikationen von R. A. Philippi.
Weidmann, S. The Baraboo ironbearing districo of Wisconsin. Madison, Juni 1904.
Smith-onian contributions to knowledge. XXXIII. u. XXXIX. Bd. I. Th. Washington 1903 u. 1904.
The American naturalist. 38. Bd. No. 455/56. Boston. Novbr./Decbr. 1904.
Sars, G. O. An account of the Bustacea of Norway. V. Bd. 5/6. Bergen 1904.
Annotationes zoologicae Japonenses. V. Bd. 3°. Tokyo 1904.
Arkiv för Botanik. III. Bd. 4°. Svenska Vetenskaps Akademien. Stockholm 1904.
Arkiv för Kemi etc. I. Bd. 3/4. Svenska Svetenskaps Akademien. Stockholm 1904.
Arkiv för Matemadik. I. Bd. 3/4. Svenska Svetenskaps Akademien. Stockholm 1904.
Arkiv för Zoologie. II. Bd. 1/2. Svenska Vetenskaps Akademien. Stockholm 1904.
Atti della R. Accademia dei Lincei. V. Ser. XIII. Bd. No. 12. Roma 1904.
Beitrag z. Kenntniss der Niederschlagsverhältnisse Mährens und Schlesiens von H. Schindler. 4°. Brünn 1904.
22. Bericht der meteorolog. Commission des naturf. Vereins in Brünn pro 1902. Brünn 1904.
Boletin del Cuerpo de ingeniores de minas del Peru. No. 10 und 15. Lima 1904.
Bulletin of the N. Y. public library. IX. Bd. No. 1. New York 1905.
Görbing, Einige Versuche über die Desinfectionswirkung von Saprol. Jena 1904.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 3 **März** **1905**

In der ordentlichen Sitzung vom 8 März sprach Herr R. Schenck über das Thema:

Studien über die chemischen Vorgänge im Eisenhochofen.

Die Versuche sind von ihm in Gemeinschaft mit Herrn cand. W. Heller ausgeführt worden.

A. Die totalen Gleichgewichte zwischen Eisen, Eisenoxydul, Kohlenstoff und dessen gasförmigen Oxyden.

Die Untersuchungen von R. Schenck[1]) und F. Zimmermann über die Spaltung des Kohlenoxydes haben das Ergebniss geliefert, dass die Reaction

$$2\,CO = C + CO_2$$

nur in Gegenwart der Metalle der Eisengruppe erfolgt. Die freien Metalle aber nicht deren Oxyde vermögen die Spaltung katalytisch zu beeinflussen.

Wenn das Metall relativ edel ist wie Nickel und Cobalt, so nimmt es selbst leicht an der Reaction teil und der Spaltungsvorgang erreicht sein Ende, wenn Gleichgewicht zwischen

1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. 36. 1904.

Kohlenstoff, Kohlenmonoxyd und Kohlendioxyd eingetreten ist. Vollzieht sich der Vorgang bei constantem Gasvolumen, so verringert sich der Druck und die Druckveränderungen kommen oberhalb der Hälfte des Anfangsdruckes vom reinen Kohlenoxyd zum Stillstand.

Beim Eisen und Mangan dagegen kommt die Reaction erst weit unterhalb der Hälfte des Anfangsdruckes zur Ruhe, weil nicht allein das Gleichgewicht zwischen Kohlenstoff und seinen gasförmigen Oxyden, sondern auch das Gleichgewicht zwischen Metall, Oxydul, Kohlenmonoxyd und Kohlendioxyd den Verlauf der Spaltung beeinflusst. Zuerst, bei Gegenwart von reinem Kohlenmonoxyd, erfolgt die Spaltung genau so wie beim Nickel rein katalytisch, dabei bildet sich immer mehr und mehr Kohlendioxyd. Dessen Concentration nimmt schliesslich so weit zu, dass das Verhältniss, welches dem Gleichgewicht zwischen den beiden Oxyden des Kohlenstoffes, Eisen und Eisenoxydul entspricht, überschritten wird. Dann erfolgt Oxydation des Metalles, Spaltung des gebildeten Monoxydes in Kohle und Dioxyd. Diese Vorgänge wiederholen sich bis schliesslich totales Gleichgewicht zwischen Eisen, Oxydul, Kohlenstoff und den beiden Gasen erreicht ist.

Aus der Phasenregel lässt sich ableiten, dass für eine bestimmte Temperatur das totale Gleichgewicht nur bei einem einzigen Partialdruck jedes der beiden Gase und bei einem einzigen Gesammtdruck derselben bestehen kann. Ohne weiteres einleuchtend wird dieser Schluss, wenn man die beiden Einzelgleichgewichte graphisch zur Darstellung bringt.

1. Gleichgewicht zwischen Kohlenstoff, Kohlenmonoxyd und Dioxyd ist vorhanden, wenn

$$\frac{p_{co}^2}{p_{co_2}} = \zeta$$

ist. Wenn wir setzen

$$p_{co} + p_{co_2} = P,$$

so wird

$$1) \quad \frac{p_{co}^2}{P - p_{co}} = \zeta.$$

Wählen wir P und p_{co} als Coordinaten, so liegen alle Punkte, bei denen Gleichgewichte vorhanden sind, auf einer Parabel, welche durch den Anfangspunkt geht. Denn Gleichung 1 ist die Gleichung einer Parabel.

2. Die Gleichung

$$\frac{p_{co}}{p_{co_2}} = \frac{p_{co}}{P - p_{co}} = \eta,$$

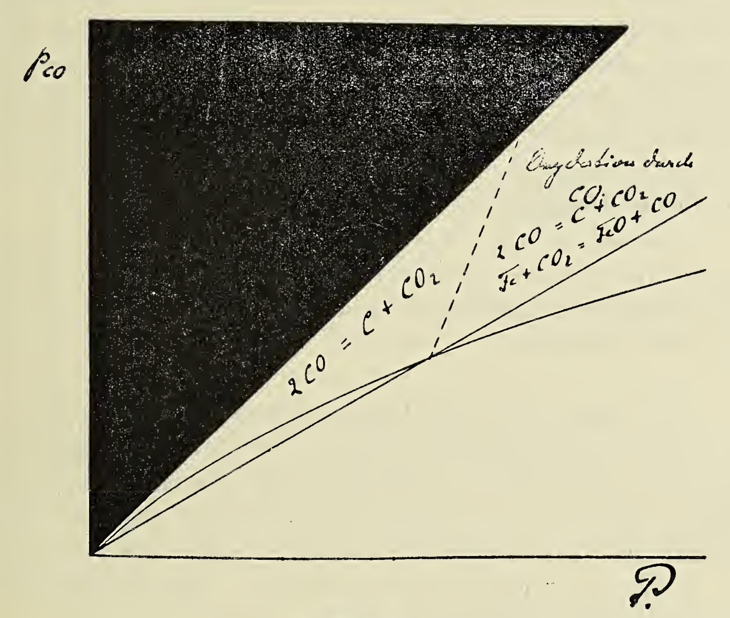


Fig. 1.

welche die Gleichgewichtsbeziehung zwischen Metall, Metalloxydul und den beiden Oxyden des Kohlenstoffes zum Ausdruck bringt, wird durch eine Gerade zur Darstellung gebracht, welche ebenfalls durch den Anfangspunkt geht.

Die graphische Darstellung zeigt, dass die Gerade und die Parabel einen Schnittpunkt besitzen. In ihm sind beide Gleichgewichtsbedingungen erfüllt. Sowohl P als p_{co} sind durch die Gleichgewichtsconstanten ζ und η ausdrückbar.

$$3a)\quad p_{co} = \frac{\zeta}{\eta},$$

$$3b)\quad P = \zeta \cdot \frac{\eta + 1}{\eta^2}.$$

Die Kenntniss dieser Drucke ist von Bedeutung für die Theorie des Hochofenprozesses. Man beobachtet ab und zu im Hochofen eine starke Abscheidung von fein verteiltem Kohlenstoff neben einer Reoxydation bereits reduciert gewesenen Metalles. Diese Erscheinung, welche zu schweren Betriebsstörungen, zum Hängenbleiben der Gichten, führt, kann nur dann eintreten, wenn die Summe der Partialdrucke der beiden Oxyde des Kohlenstoffes in Gegenwart von metallischem Eisen bei der herrschenden Temperatur grösser ist als der dem totalen Gleichgewicht ensprechende Druck.

Eine Reduction von Oxydul zu Metall durch Kohlenmonoxyd erfolgt nur dann, wenn dessen Druck kleiner ist als der Druck des totalen Gleichgewichtes. Diese Bedingung muss im Hochofen stets erfüllt sein.

Wir haben nun diese Drucke des totalen Gleichgewichtes innerhalb des Temperaturintervalles 500° bis 800° messend verfolgt. Um sie zu bestimmen, kann man so verfahren, dass man Kohlenmonoxyd von geeignetem Überdruck bei constanter Temperatur auf fein verteiltes metallisches Eisen einwirken lässt. Der Gasdruck vermindert sich allmählich, bis schliesslich der Gleichgewichtsdruck erreicht ist.

Das totale Gleichgewicht lässt sich aber auch auf einem zweiten Wege erreichen. Erhitzt man das Oxydul mit festem Kohlenstoff auf constante Temperatur, so erfolgt Reduction zu Metall und Oxydation des Kohlenstoffes zu einem Gemisch seiner gasförmigen Oxyde. Der Gasdruck steigt bis das Gleichgewicht erreicht ist. Dieser Weg führt sogar viel schneller zum Ziel, als der erste, bei dem namentlich die letzte Einstellung sehr viel Zeit erfordert. Das schliessliche Resultat ist aber, wie wir uns überzeugt haben, in beiden Fällen das gleiche.

Für beide Bestimmungsmethoden hat sich der gleiche Apparat als brauchbar erwiesen. An ein Rohr aus Quarzglas wurde ein Manometer mit Hilfe eines Schliffes angesetzt. Das Rohr hatte eine aus der beistehenden Figur erkennbare Gestalt. An einen weiteren Teil, der zur Aufnahme der Reactionsmasse bestimmt ist, ist ein langer, weiter Hals angesetzt, welcher zum Einfüllen des festen Stoffs, des Metalles oder der Mischung von Kohlenstoff und Oxydul dient. Den toten Raum, welcher durch den weiten Hals entsteht, und der zu Störungen Veranlassung geben könnte, haben wir dadurch beseitigt, dass wir ein an beiden Enden zugeschmolzenes und evacuirtes Quarzrohr, welches den Hals nahezu ausfüllt, in diesen hineingeschoben haben. Diese Einrichtung

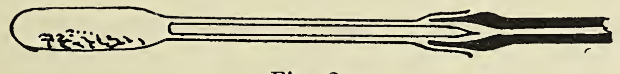


Fig. 2.

ersetzt vollkommen ein Capillarrohr. Der Teil zwischen dem Glas-Quarzschliff und dem Manometer war aus Capillarrohr gefertigt.

Die Druckänderungen wurden bei constantem Volumen beobachtet, zu dem Zwecke wurde das Quecksilber im linken Schenkel des Manometers stets auf die gleiche Marke eingestellt. Diese Einstellung wurde mit Hilfe eines beweglichen, durch Schlauch mit dem Manometer communicierenden, Quecksilberreservoirs bewirkt.

An das Capillarrohr sind seitlich zwei Dreiweghähne angesetzt, welche gestatten, den Apparat an die Quecksilberluftpumpe und an die Gasentwicklungsapparate anzuschliessen.

Es sind eine grosse Zahl von Versuchen sowohl nach der ersten als nach der zweiten der oben geschilderten Methoden ausgeführt worden.

Methode I. Einwirkung von Kohlenmonoxyd auf fein verteiltes Eisen:

Das Kohlenmonoxyd wurde erhalten durch Erwärmen von ameisensaurem Natrium mit conc. Schwefelsäure auf dem Wasser-

bade. Durch Waschen mit Wasser, Natronlauge und conc. Schwefelsäure wurde es von Verunreinigungen und Feuchtigkeit befreit.

Metallisches Eisen wurde in verschiedenen Formen zur Verwendung gebracht.

Als recht reactionsfähig erwies sich das sog. „Ferrum reductum" des Handels, indessen haben wir auf seine Verwendung verzichtet, da es fast stets einen kleinen Gehalt an organischen Verunreinigungen enthält, die nicht ohne weiteres entfernt werden konnten und das Resultat beeinflussten.

Die höchste Reactionsfähigkeit zeigte ein nach der Vorschrift von Guntz aus electrolytischem Eisenamalgam erhaltenes Präparat. Das Quecksilber wurde bei hoher Temperatur im Vacuum abdestilliert, es ist aber sehr schwer vollständig zu entfernen. Man erhält stets zu hohe Druckwerte, da sich der Dampfdruck des in dem Amalgam enthaltenen Quecksilbers den Reactionsdrucken superponiert. Entfernt man den Quecksilbergehalt durch Erhitzen der Präparate auf 900° vollständig, so geht die Reactionsfähigkeit in beträchtlichem Maase herab. Das Quecksilber ist in dem Amalgam offenbar chemisch gebunden oder in fester Lösung, wie aus der starken Depression seines Dampfdruckes geschlossen werden muss. [Die Messungen mit dem Amalgameisen finden sich in der Tabelle]. Die Störungen durch das anwesende Quecksilber nehmen mit steigender Temperatur zu.

Da wir so nicht recht zum Ziele kommen konnten, haben wir auf das feinverteilte auf Bimstein niedergeschlagene Metall zurückgegriffen, dessen sich Schenck und Zimmermann bei ihren Untersuchungen über die Spaltung des Kohlenmonoxydes bedient haben. Die Reactionsfähigkeit dieses Eisens ist zwar wesentlich geringer, die Einstellung des Gleichgewichtes ist, namentlich gegen das Ende der Reaction hin, eine recht langsame, aber es war dabei möglich unter einander übereinstimmende Werte zu erhalten, welche um so zuverlässiger sind, als sie auch mit den nach der anderen Methode erhaltenen befriedigend übereinstimmen.

Vor dem eigentlichen Versuch wurde der fertig zusammengestellte, mit dem Metallpräparat beschickte Apparat evacuirt, in einem electrisch geheizten Heräusofen erhitzt und mit Kohlenoxyd gefüllt. Das Evacuiren und Füllen mit Gas wurde des öfteren wiederholt und dann, wenn jeder Rest von Stickstoff aus dem Apparat entfernt war, die definitive Gasfüllung für die Bestimmungen vorgenommen. Die Einstellung des Gleichgewichtes brauchte mehrere Stunden; namentlich gegen Schluss muss man sich in Acht nehmen, dass man den Versuch nicht zu früh abbricht, das Ende der Reaction ist sehr schwer zu erkennen. Aus diesem Grunde ist es zweckmässiger, den anderen Weg einzuschlagen, bei dem man über das Ende der Reaction nicht im Zweifel sein kann und bei den man sicher ist, dass der Enddruck auch wirklich dem totalen Gleichgewichte entspricht.

Methode II. Einwirkung von Kohlenstoff auf Eisenoxydul.

Die für den Versuch nötige Mischung von Eisenoxydul und Kohlenstoff wurde durch mehrmaliges Behandeln von metallischem Eisen (Eisenbimsteinpräparat) mit Kohlenmonoxyd im Apparat bei circa 400° erhalten. Wenn das Präparat genügend weit in Eisenoxydul und Kohlenstoff überführt war, wurde der Apparat evacuirt und auf die Untersuchungstemperatur erhitzt. Die Entwicklung der Gase Kohlenmonoxyd und Dioxyd erfolgt ziemlich schnell und der Gleichgewichtsdruck wird in sehr viel kürzerer Zeit erreicht als bei Verwendung von Methode I.

Die Bestimmungen erfolgten bei verschiedenen Temperaturen innerhalb des Intervalles 400°—800°. Die Temperaturen wurden mit Hilfe eines von der Reichsanstalt geprüften Le Chatelierschen Thermoelementes und eines Pyrometers von Siemens und Halske bestimmt unter Anwendung aller Cautelen.

Die Resultate der Messung finden sich in der folgenden Tabelle:

Fe-Präparat.	Amalgameisen		Bimsteineisen		Bimsteineisen durch *CO* oxydiert ($FeO + C$)	
Bestimmungs-methode	I.		I.		II.	
	Temp.	Gleichgew.-Druck	Temp.	Gleichgew.-Druck	Temp.	Gleichgew.-Druck
	—	—	469°	10,9 mm	468°	10,3 mm
	500°	41,8 mm	—	—	—	—
	560	133,2 „	—	—	540	30,0 mm
	600	201,0 „	600	65 mm	—	—
	655	482,1 „	—	—	620	81,5 mm
	673	612,5 „	—	—	669	169,2 mm
	700	660,5 „	703	308 mm	—	—
	—	zu hoch	719	395,8 mm	728	438,4 mm
	—	—	—	—	778	750,0 mm
	—	—	—	—	780	780,0 mm

Die Messungen sind sämmtlich wiederholt angeführt worden. Die Schlüsse, welche sich aus ihnen für die Theorie des Hochofens ziehen lassen, sind am Schlusse der Abhandlung zusammengestellt.

B. Die gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen Kohlenstoffmodificationen.

Die Drucke des totalen Gleichgewichtes zwischen Eisenoxydul, Eisen, festem Kohlenstoff und den gasförmigen Oxyden des Kohlenstoffes haben sich nun auch verwenden lassen, um die gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen Kohlenstoffmodificationen zu bestimmen. Diese Aufgabe war bisher nicht lösbar, da man vom Kohlenstoff weder Dampfdrucke noch Löslichkeiten hat messen können.

Es ist ohne weiteres klar, dass, wenn die verschiedenen Formen des Kohlenstoffes Diamant, Graphit und amorphe Kohle verschiedene Beträge an freier Energie besitzen, auch die Gleichgewichtsconstanten zwischen Kohlenstoff, Kohlenmonoxyd und

Kohlendioxyd — die Werte von ζ — verschiedene Grösse besitzen müssen Je grösser die freie Energie einer Kohlenstoffmodification ist, um so energischer wird sie als Reduktionsmittel wirken und um so grösser wird ceteris paribus der Gehalt des Gasgemenges, welches mit dem Kohlenstoff im Gleichgewicht steht, an Kohlenoxyd sein. Je grösser die freie Energie ist, um so grösser wird der Wert für ζ werden.

Wenn wir nun Eisenoxydul mit dem Pulver der verschiedenen Kohlenstoffformen reducieren, so müssen wir verschiedene Gleichgewichtsdrucke erhalten, denn es gilt ja für das totale Gleichgewicht die Beziehung

$$P = \zeta \cdot \frac{1+\eta}{\eta^2},$$

für die verschiedenen Formen müssen wir schreiben:

$$P_1 = \zeta_1 \cdot \frac{1+\eta}{\eta^2}; \quad P_2 = \zeta_2 \cdot \frac{1+\eta}{\eta^2}; \quad P_n = \zeta_n \cdot \frac{1+\eta}{\eta^2}.$$

Daraus ergiebt sich die einfache Beziehung, dass die Gleichgewichtsconstanten der verschiedenen ζ-Werte in demselben Verhältniss zu einander stehen wie die beobachteten Drucke

$$\zeta_1 : \zeta_2 : \ldots\ldots : \zeta_n = P_1 : P_2 : \ldots\ldots : P_n.$$

Wir haben nun in dem oben beschriebenen Apparat eine Mischung von Eisenoxydul mit dem Pulver der verschiedenen Kohlenstoffformen reduciert und den Druck der entwickelten Gase bei den verschiedenen Temperaturen bestimmt.

Das Eisenoxydul wurde gewonnen durch Erhitzen von trocknem Eisenoxalat im Vacuum auf ungefähr 300°, es soll das nach Liebig die zweckmässigste Methode sein, um sich Eisenoxydul darzustellen. Das Erhitzen erfolgte in dem Quarzrohr des fertig zusammengestellten Apparates, der Kohlenstoff, mit dem das Oxydul erst bei den höheren Temperaturen reagiert, wurde dem trocknen Oxalat von vornherein zugemischt, er erleidet ja bei 300° keinerlei Veränderung und kann bei dieser Temperatur weder auf das Oxydul noch auf das Oxalat einwirken.

Von den Kohlenstoffformen gelangten zur Verwendung gereinigte, sorgfältig ausgekochte Zuckerkohle, Diamantpulver (erhalten durch Zerstossen von 5 Karat kleiner Diamantsplitter im Diamantmörser) und Graphit, welcher mit Natriumkaliumcarbonat geschmolzen und dann durch mehrfaches Auskochen mit Salzsäure und mit Wasser gereinigt war. Der Graphit war Ceylongraphit, welcher uns von Herrn Geh.-Rath Bauer in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt war.

Die Resultate der Untersuchung sind in der nächsten Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

amorpher Kohlenstoff (Zuckerkohle)		Diamant		Graphit		*CO*-Kohle	
Temp.	Druck	Temp.	Druck	Temp.	Druck	Temp.	Druck
408°	5,6 „	—	—	500°	12,3 mm	468°	10,3 mm
465	10,4 „	480°	8,2 mm	536	27,3 „	540	30,0 „
560	161,7 „	500	22,0 „	550	36,8 „	—	—
590	314,5 „	530	54,1 „	567	49,2 „	—	—
627	546,8 „	550	88,8 „	582	59,3 „	—	—
649	750,1 „	563	134,7 „	609	77,5 „	600	65,0 „
—	—	586	228,5 „	629	101,8 „	620	81,5 „
—	—	641	521,3 „	640	111,0 „	—	—
—	—	675	725,1 „	680	204,4 „	669	169,2 „
—	—	—	—	700	287,3 „	703	308,0 „
—	—	—	—	732	462,5 „	719	395,8 „
—	—	—	—	755	574,2 „	728	438,4 „
—	—	—	—	—	—	778	750,0 „
—	—	—	—	—	—	780	780,0 „

Zum Vergleich mit den nach der eben beschriebenen Methode gefundenen Werten sind auch die Werte in die Tabelle aufgenommen worden, welche die Kohle liefert, welche durch Zersetzung von Kohlenoxyd in Gegenwart von Eisen sich bildet.

Wenn man die Abhängigkeit der Reductionsdrucke von der Temperatur graphisch zur Darstellung bringt, so sieht man, dass die Curven für den Graphit und für die Kohlenoxydkohle nahezu

vollständig aufeinander fallen. Daraus ergiebt sich die Folgerung, dass die Kohlenoxydkohle dem Graphit zum mindesten sehr nahe steht.

Diese beiden Formen sind die stabilsten, ihre freie Energie ist bei gleicher Temperatur kleiner als die der anderen. Die höchsten Druckwerte finden wir bei der Zuckerkohle, sie ist ein weit energischeres Reductionsmittel als der Graphit.

Grosses Interesse hat begreiflicherweise die Frage nach der Stellung des Diamanten in der Reihe der Kohlenstoffformen. Innerhalb unseres Untersuchungsintervalles ist er im Vergleich zum Graphit metastabil, aber weniger labil als die amorphe Kohle. Er ist ein kräftigeres Reductionsmittel als der Graphit. Daraus ist zu schliessen, dass innerhalb des Untersuchungsintervalles im Falle einer Umwandlung der Diamant stets in Graphit übergeht. Die Frage, ob es Temperaturen giebt, bei denen dieses Verhältniss sich umkehrt, lässt sich auf Grund unserer Beobachtungen nicht beantworten, denn wir dürfen keine Extrapolationen über den weiteren Verlauf der Curve des totalen Gleichgewichts bei hohen Temperaturen machen. Einen Schnittpunkt der verschiedenen Druckcurven haben wir nicht mit Sicherheit constatieren können. Zwar hat es den Anschein, als schnitten sich die Diamant- und die Graphitcurve bei circa 490°, aber bei der Kleinheit der dort herrschenden Drucke können kleine Messungsfehler leicht zu Täuschungen Veranlassung geben.

C. Gleichgewichte zwischen Mangan, Manganoxydul, Kohlenstoff und seinen gasförmigen Oxyden.

Zu den Metallen, welche eine Spaltung des Kohlenoxydes in intensivster Weise herbeiführen, gehört das Mangan. Dass die Einwirkung eine sehr heftige ist, dass sich das Mangan dabei unter Umständen bis zum Glühen erhitzt, ist bereits von Guntz beobachtet worden.

Das Mangan ist sehr viel leichter oxydabel als das Eisen, infolgedessen muss der Wert der Constanten des Gleichgewichtes

zwischen Mangan, Manganoxydul, Kohlenoxyd und Kohlendioxyd grösser sein als der entsprechende für das Eisen. Daraus folgen bei der Betrachtung von Gleichung 3b Druckwerte, die kleiner sind als die beim Eisen. Denn der Druck des totalen Gleichgewichtes ist um so kleiner, je oxydabler das Metall ist. Dieser Schluss ist nun durch den Versuch völlig bestätigt worden.

Die Versuchsanordnung war die gleiche wie beim Eisen. Die Beobachtungen wurden nach der Methode I angestellt. Das Manganpräparat war nach dem Goldschmidt'schen Verfahren dargestelltes und wurde in fein gepulvertem Zustande verwendet.

Innerhalb der Temperaturen 500° bis 1100 ist die Reactionsgeschwindigkeit eine ausserordentlich grosse. Das Kohlenoxyd wird fast momentan umgesetzt und zwar wird es quantitativ in Kohlenstoff übergeführt, der Sauerstoff zur Oxydation des Metalles verbraucht. Man erhält ein nahezu vollständiges Vacuum im Reactionsgefäss.

Messbare Drucke erhält man erst bei Temperaturen um 1200° herum.

Wir beobachteten folgende Werte:

Temp.	Gleichgewichtsdruck
1200°	10 mm
1229	15,3 „

Oberhalb dieser Temperaturen sind die Quarzgefässe für diese Reaction nicht mehr zu brauchen.

Einmal fängt das Mangan an das Quarzglas zu reducieren und zweitens trübt sich das amorphe Siliciumdioxyd, indem es entglast und brüchig wird.

D. Folgerungen für die Theorie des Hochofenprozesses.

Aus den Ergebnissen dieser Abhandlung lassen sich einige Schlüsse auf die Vorgänge im Eisenhochofen ziehen.

1. Um Reduction des Eisenoxyduls im Hochofen zu erzielen, muss die Summe der Partialdrucke von Kohlenmonoxyd und

Kohlendioxyd kleiner sein als der bei der gegebenen Temperatur herrschende Druck des totalen Gleichgewichtes.

Ist der Druck grösser, so werden Kohlenmonoxyd und Kohlendioxyd bereits fertig gebildetes Eisen unter Abscheidung festen Kohlenstoffes oxydieren.

Die Summe der Partialdrucke der beiden Gase kann nicht über eine Drittel-Atmosphäre hinausgehen, die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft gestattet höhere Werte nicht.

Wenn die Temperatur im Hochofen über 690° liegt, so sind die Gleichgewichtsdrucke unter allen Umständen grösser als der Druck der beiden Gase im Hochofen. Unter diesen Umständen können die Gase, besonders da sie sich in Berührung und Gleichgewicht mit festem Kohlenstoff befinden, reducierend wirken.

Die Verhältnisse würden sich verschieben, wenn man an Stelle atmosphärischen Windes sauerstoffreichere Gase verwenden würde. Dadurch geht die Summe der Partialdrucke von den beiden gasförmigen Oxyden des Kohlenstoffes in die Höhe und mit ihr die Gleichgewichtstemperatur. Bei Verwendung reinen Sauerstoffes, wenn der Druck der beiden Oxyde eine Atmosphäre beträgt, dürfte die Temperatur, falls man Reduction des Oxyduls zu Metall erreichen will, nicht unter 780° heruntergehen.

2. Sinkt die Temperatur durch Betriebsstörungen an solchen Stellen, an denen bereits reduciertes Eisen vorhanden ist, unter die Gleichgewichtstemperatur herunter, so kommt es zur Reoxydation des Metalles und Abscheidung feiner Kohle, welche unter Umständen ein Hängenbleiben der Gichten verursachen kann.

3. Änderungen der Gleichgewichtstemperatur treten auf, wenn man manganhaltige Erze verwendet, denn die Gleichgewichtsdrucke des Mangans sind niedriger als die des reinen Eisens; die Gleichgewichtstemperaturen für den Kohlenoxyd- und Kohlendioxydgehalt der Hochofengase liegen höher als dort. Die Folge davon ist, dass bei stark manganhaltigem Eisen leichter Kohlenstoffabscheidung und Reoxydation erfolgen kann als bei manganfreiem.

4. Bei den Temperaturen, welche über der Gleichgewichtstemperatur liegen, wird die Zusammensetzung der Hochofengase, das Verhältniss von $CO : CO_2$, lediglich durch das Gleichgewicht Kohlenstoff, Kohlenmonoxyd, Kohlendioxyd bedingt. Das Eisen selbst kann das Verhältniss nicht beeinflussen, es sorgt infolge seiner katalytischen Eigenschaften nur dafür, dass die Gleichgewichte sich schnell einstellen. Da in dem Hochofen ein Temperaturgefälle von unten nach oben herrscht, und die Menge des Kohlenoxydes mit fallender Temperatur und constantem Drucke in dem Gleichgewichtsgemisch abnimmt, so nimmt die Menge des vorhandenen Kohlendioxydes im Hochofen von unten nach oben zu.

5. Das Gleichgewicht zwischen Kohlenstoff, Kohlendioxyd und Kohlenmonoxyd wird sehr stark beeinflusst durch die Art der verwendeten Kohle Infolgedessen muss die Zusammensetzung der Hochofengase bei Verwendung amorpher Holzkohle — natürlich gleiche Temperatur vorausgesetzt — eine andere sein als bei Verwendung von Coaks, welcher dem Graphit in seinem Verhalten nahe steht. Ein Holzkohlengas ist unter gleichen Umständen reicher an Kohlenoxyd als Coaksgas. Die grössere Reductionskraft ist nicht allein auf die grössere Porosität zurückzuführen, sondern vor allen Dingen auf den höheren Betrag an freier Energie, welchen die labilere Modification besitzt.

6. Die Temperaturen des totalen Gleichgewichtes liegen beim Holzkohlenhochofen niedriger als beim Coaksofen, infolgedessen ist die Gefahr der Reoxydation dort nicht so gross wie bei der Verwendung von Coaks.

Bestimmung von Umwandlungspunkten Heusler'scher Mangan-Aluminium-Bronzen.

Von E. Take.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 13. August 1904).

Zunächst werde ich mit kurzen Worten auf die Natur der Bronzen eingehen, welche Herr Heusler durch Legieren des 30 % Mangankupfers des Handels mit verschiedenen Mengen Aluminium herstellte. Magnetometrische Untersuchungen [1]) dieser Legierungen ergaben, dass dieselben trotz der äusserst geringen Magnetisierbarkeit [2]) der Bestandteile zum Teil eine sehr grosse

1) Über die ferromagnetischen Eigenschaften von Legierungen unmagnetischer Metalle. Von Fr. Heusler und — unter Mitwirkung von F. Richarz — von W. Starck und E. Haupt. Erschienen in den Schriften der Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. zu Marburg, Band **13**, 5. Abteilung, S. 237—300, 1904. Marburg, N. G. Elwert'sche Verlagsbuchhandlung. Verh. d. D. Phys. Ges. **5**, 219—232, 12. Juni 1903.

2) Über die Susceptibilität von *Cu*, *Al*, *Mn*, *Sb*, *Bi* und *Sn* finden sich in der Literatur folgende Angaben: Kupfer hat [Dressel, Lehrbuch der Physik, 2. Aufl. 1900, S. 680] die Susceptibilität $\varkappa = -1{,}27 \cdot 10^{-6}$; für Aluminium ist $\varkappa \cdot 10^6 = +1{,}88$ [A. P. Wills, Philos. Magaz. (5) **45**, p. 443, 1898]. Über die Susceptibilität des Mangans zeigen die Angaben der verschiedenen Autoren einige Differenzen: nach E. Seckelson [Wied. Ann. **67**, 37. 1899] ist elektrolytisches Mangan [Bunsen] sehr wenig magnetisierbar. Momentan werden im Physikal. Institut zu Marburg von Herrn W. Gebhardt verschiedene Mangan-Proben auf ihre Magnetisierbarkeit hin untersucht, es scheint $\varkappa \cdot 10^6$ etwa von der Grössenordnung $+50$ zu sein. Antimon und Wismuth sind diamagnetisierbar; es sind $\varkappa \cdot 10^6 = -$ ca. $5{,}58$ bzw. $= -14{,}1$ [A. Winkelmann, Handb. d. Phys. III, 2, p. 205 u. 207. 1900]. Für die Susceptibilität des Zinns fand E. Seckelson (Wied. Ann. **66**, 722, 1898) im Mittel den Wert $\varkappa = +0{,}32 \cdot 10^{-6}$.

Das von Herrn Heusler verwendete Mangankupfer enthält übrigens noch geringe Spuren *Fe*. Um die eventuell hierdurch bedingte Magnetisierbarkeit zu ermitteln, wurde Mangankupfer mit absichtlich hoch ge-

Susceptibilität besitzen. Der höchste Wert der Magnetisierbarkeit ist etwa $^1/_3$ so gross wie derjenige des magnetisch besten Eisens. Weiter ergab sich, dass zunächst mit wachsendem Aluminium-Gehalt die Magnetisierbarkeit zunimmt; für den Fall, dass das Atom-Verhältnis von Mangan zu Aluminium gleich 1 wird, scheint die Susceptibilität ihr Maximum zu erreichen und von da ab wieder langsam abzunehmen.

Herr Heusler stellte auch noch Legierungen her, welche sich von den obigen nur durch einen geringen Bleizusatz unterschieden. Durch letzteren wird die Magnetisierbarkeit nicht unerheblich verstärkt, so ergiebt z. B. die bleihaltige Bronze P_{10} für ein Feld von 150 abs. Einh. eine Induktion $\mathfrak{B}$ = ca. 6500 $cm^{-1/2}g^{1/2}sec^{-1}$.

Versuche, durch Legieren des 30 % Mangankupfers mit Zinn, Antimon und Wismuth[1]) stark magnetisierbare Körper zu erhalten, hatten wenig oder keinen Erfolg. Die Antimon- und Wismuth-Legierungen waren zu schwach magnetisierbar, um einen Vergleich zu ermöglichen; etwas stärker ergab sich die Susceptibilität der Mangan-Kupfer-Zinn-Verbindungen, der grösste Wert der Induktion $\mathfrak{B}$ wurde gleich 1500 abs. Einh. für ein Feld von 150 C. G. S. ermittelt. Es scheint hier ein Maximum der Magnetisierbarkeit zu existieren für den Fall, dass das Atom-Verhältnis von Mangan zu Zinn gleich 3 wird.

Ferner hat Herr Heusler in Gemeinschaft mit den Herren Starck und E. Haupt sehr interessante Resultate über die starke Abhängigkeit der magnetischen Eigenschaften dieser Bronzen von ihrer thermischen Vorgeschichte ermittelt, welche Abhängigkeit insbesondere auch schon für die Hysterese konstatiert wurde (S. 273 [37]). Wegen weiterer Einzelheiten sei auf die ausführliche Publikation[2]) verwiesen.

---

wähltem Eisengehalt untersucht. Indessen erwies sich selbst ein 1,2 % Eisen enthaltendes Mangankupfer als magnetometrisch unmessbar [E. Haupt, l. c. S. 25 und 31]. Der Eisengehalt der Heusler'schen Bronzen schwankt um etwa 0,4 % herum.

1) Vgl. Fussnote 2 auf S. 1.

2) Vgl. Fussnote 1 auf S. 1.

Es bietet nun offenbar ein grosses Interesse, die Umwandlungs-Erscheinungen dieser hoch interessanten Legierungen zu studieren, und zwar sowohl die Temperaturen, bei denen eine plötzliche Abnahme bzw. der Verlust der ferromagnetischen Natur dieser Körper erfolgt, wie allgemein diejenigen Punkte, welche sich beim Überschreiten der Trennungslinien zweier Phasen als Umwandlungspunkte zu erkennen geben.

Mit der Untersuchung dieser Fragen hatte ich bereits vor meiner Promotion begonnen. Indessen wurden mit Genehmigung[1]) der Hohen Philosophischen Fakultät zu Marburg die seinerzeit bereits ausgeführten Messungen von einer Veröffentlichung in der Inaugural-Dissertation ausgeschlossen, da mir sehr daran gelegen war, die interessanten Beziehungen noch weiter zu verfolgen. Über die vervolltsändigten bisher noch nicht publizierten Untersuchungen habe ich dann in der Sitzung der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg vom 13. August 1904 vorgetragen.

Methoden zur Bestimmung von Umwandlungspunkten.

Es dürfte wohl zweckmässig sein, an dieser Stelle zunächst einige allgemeine Bemerkungen über die Untersuchung von Umwandlungspunkten[2]) einzuflechten.

Handelt es sich um ferromagnetische Körper, speciell um die kritischen Temperaturen, bei denen die Umwandlung des magnetisierbaren oder unmagnetisierbaren Zustandes stattfindet, so macht man ballistische Aufnahmen des Materiales bei verschiedenen Temperaturen.

Einfacher, zuweilen aber weniger sicher, gelangt man in vielen Fällen auch zur Kenntnis der magnetischen Umwandlungspunkte nach zwei Methoden, welche meist bei der Untersuchung kondensierter Systeme in Anwendung gebracht werden, mit Hilfe deren man also allgemein die Struktur-Umwandlungen

---

1) Vgl. S. 139 meiner Inaug.-Dissert. Marburg 1904.

2) Vgl. E. Take, Historisches und Theoretisches über Umwandlungspunkte. Inaug.-Dissertation, Teil II. Marburg 1904.

bestimmen kann. Es sind dies die dilatometrische und thermometrische Methode. Es leuchtet ein, dass sich nach einer dieser Methoden nicht alle Umwandlungspunkte unbedingt ergeben müssen, dass nämlich in Gegenden, wo sich ein vollständig normales Verhalten der Dilatation oder des Temperatur-Anstieges zeigt, dennoch Umwandlungspunkte liegen können. Allgemein könnte man ja zur Bestimmung von Umwandlungspunkten die Abhängigkeit irgend einer Eigenschaft von der Temperatur bei konstantem Drucke bestimmen und zusehen, ob diese Funktion mehr oder minder plötzlich irgendwo einen anomalen Verlauf (Knick) oder Diskontinuität zeigt. Indessen ist es nicht gleichgültig, für welche Eigenschaft wir die Abhängigkeit von der Temperatur aufstellen; es kann bei der Umwandlungs-Temperatur die anomale Änderung einer der Eigenschaften ausbleiben, während sie bei allen anderen Eigenschaften noch existiert[1]).

Bestimmt man also die Abkühlungskurve eines Körpers, d. h. die Abhängigkeit seines Energie-Inhaltes von der Zeit, so kann man daraus auf die Abwesenheit irgend eines Umwandlungs-Punktes keine Schlüsse ziehen; ebensowenig lässt sich das ausführen auf Grund einer Dilatationskurve.

Es ist also wohl möglich, aus der Betrachtung einer Isobare allein einen Umwandlungspunkt nicht zu erkennen.

Zum Studium der Umwandlungs-Erscheinungen Heusler'scher Legierungen ist es also dringend erforderlich, Untersuchungen nach mehreren Methoden auszuführen; nur dann wird es möglich sein, die bei den Mangan-Aluminium-Bronzen auftretenden Umwandlungen aufzuklären und von einem einheitlichen Gesichtpunkte aus zu betrachten; so wird man auch versuchen können, die Gleichgewichtszustände des Systems Mangan-Kupfer-Aluminium vom Standpunkte der Gibbs'schen Phasentheorie aus zu beleuchten; die Verhältnisse scheinen hier um

---

1) R. v. Sahmen und G. Tammann, Ann. d. Phys. (4) **10**. 879. 1903.

vieles einfacher zu liegen als bei dem komplizierten System der Eisen-Kohlenstoff-Verbindungen mit seinen vielen Formelementen.

Bisher habe ich die Umwandlungen einiger Legierungen nach zwei Methoden untersucht: Zunächst ermittelte ich ihre magnetischen Umwandlungspunkte durch ballistische Messungen mittels des Hopkinson'schen Schlussjoches. Gleichzeitig — in wechselnder Folge — bestimmte ich in einem Dilatometer den Verlauf der Längen-Änderungen dieser Bronzen bis zu 300°. Letztere Versuche wurden alsdann noch bis zu Temperaturen von 520—530° ausgedehnt.

Ungleich empfindlicher als die dilatometrische ist die thermometrische oder kalorimetrische Methode; ihr verdanken wir auch auf dem Gebiete der Eisen-Kohlenstoff-Verbindungen unsere eingehendsten Kenntnisse. Es sollen daher auch in dieser Richtung Messungen vorgenommen werden, mit deren Vorbereitungen Herr W. Gebhardt im Physikalischen Institute zu Marburg bereits begonnen hat. Sodann hat sich noch Herr E. Heyn erboten, durch mikrophotographische Untersuchungen polierter, geätzter Schliffe weitere Aufklärungen zu verschaffen.

Umwandlungen Heusler'scher Bronzen.

Einer Untersuchung nach ballistischer und dilatometrischer Methode wurden 7 Heusler'sche Legierungen unterworfen; von diesen waren fünf reine Mangan-Aluminium-Bronzen, während die beiden anderen (M 8 und P 6) noch einen geringen Bleizusatz enthielten. Die untersuchten Körper haben folgende Bezeichnungen und Zusammensetzung[1]):

---

1) Die in der Tabelle angegebenen Bestandteile der einzelnen Bronzen geben nur angenäherte Werte; die genaueren Analysen sind noch nicht fertig gestellt, sie können daher erst in der ausführlichen Publikation mitgeteilt werden. Vgl. auch S. 10 Zeile 27—32.

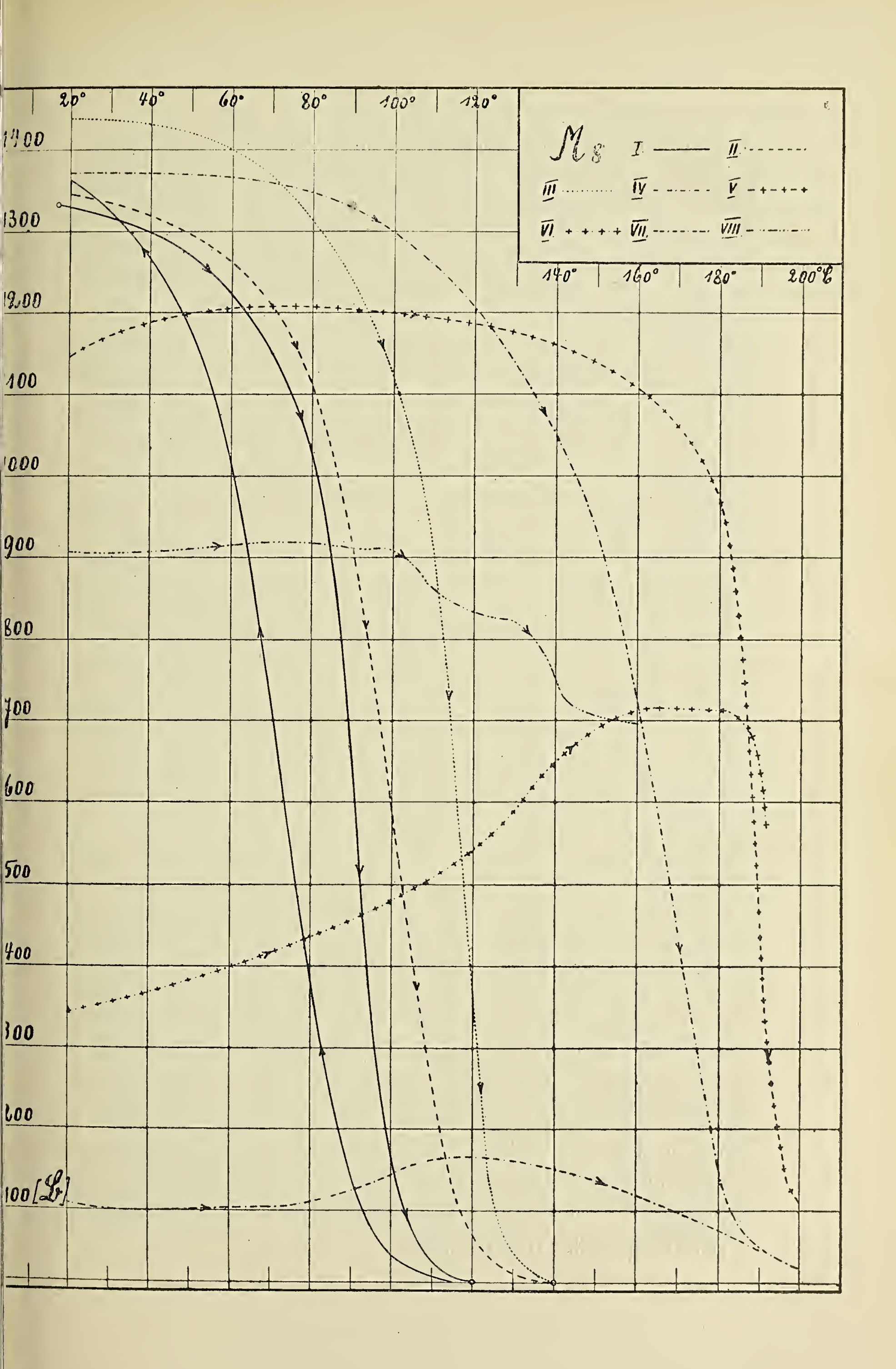
M 8	∾ 21 Mn	Guss 1	∾ 21 Mn
𝔐 8	∾ 21 Mn	Guss 2	∾ 16—17 Mn
P 6	∾ 16 Mn; 8 Al	36 a	∾ 30 Mn; 10 Al
70	∾ 17—18 Mn; 8—9 Al	71	∾ 25 Mn; 14 Al

Sämtliche Bronzen kamen in nicht künstlich gealtertem Zustande zur Untersuchung; allerdings lagen zwischen Guss und erster ballistischer Messung teilweise mehrere Monate. Nur von der Probe M 8 standen zwei Gussstücke zur Verfügung. Das eine derselben — welches im folgenden mit 𝔐 𝔟 bezeichnet werden möge, — wurde nach dem Guss zunächst durch 50 stündiges Erhitzen bei der Siedetemperatur des Toluols (110°) „gealtert“ und erst in diesem Zustande untersucht.

Es sollen jetzt in grossen Zügen die erhaltenen Versuchsergebnisse dargestellt werden; eine ausführlichere Publikation ist demnächst für die „Annalen der Physik“ in Aussicht genommen.

M 8 und Guss 1.

Um einen besseren Überblick zu gewinnen, sind die ballistischen Aufnahmen von M 8 in ihren wesentlichsten Typen in Fig. 1 graphisch dargestellt. Als Abscissen sind die Temperaturen und als Ordinaten die zugehörigen Induktionswerte 𝔅 aufgetragen. Wie man aus diesen Aufzeichnungen (Curve I) ersieht, nimmt die Magnetisierbarkeit der ungealterten bleihaltigen Bronze M 8 mit wachsender Temperatur sofort stark ab, bis bei 120° ganz allmählich der kritische Punkt ($\mathfrak{H} = 8{,}6\,\mathrm{cm}^{-1/2}\mathrm{g}^{1/2}\mathrm{sec}^{-1}$) erreicht wird: die Bronze ist so gut wie unmagnetisierbar; sie verbleibt in diesem Zustande, wenn man die Temperatur noch höher treibt. Ohne indessen den magnetischen Umwandlungspunkt allzu weit zu überschreiten, überliess ich die Probe bei 130° einer langsamen Abkühlung (Curve I); bei 115° stellte



20°
40°
60°
80°
100°
120°
140°
160°
180°
200°C
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100 [$\mathfrak{L}$]
Ms
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII

sich, der Beginn der Rückverwandlung in den ferromagnetisierbaren Zustand ein. Mit weiterer Abnahme der Temperatur stieg jetzt die Magnetisierbarkeit wieder sehr schnell an, sie strebte aber nicht dem alten Werte zu, sondern es machte sich eine Art von „Alterung“ geltend, insofern nach Abkühlen auf Zimmer-Temperatur die Bronze eine höhere Magnetisierbarkeit angenommen als sie zuvor, unmittelbar nach dem Guss, besessen hatte. Ganz analoges Verhalten zeigte M 8 bei einer zweiten (Curve II) und dritten (Curve III) Erwärmung bzw. Abkühlung, nur fand sich, dass die Umwandlungs-Temperatur keine konstante Lage hat, sie stieg bei der zweiten Erwärmung auf 140° und verblieb daselbst auch bei der dritten Versuchsreihe. Charakteristisch für die bisherigen Umwandlungs-Erscheinungen der bleihaltigen Bronze M 8 ist noch der geringe Wert der Temperatur-Hysteresis, welcher in obigen drei Fällen nur 5° betrug.

Völlig abweichend vom bisherigen Verhalten zeigte sich die Legierung bei einer 4. Erwärmung (Curve IV): Auch hier nahm die Magnetisierbarkeit mit steigender Temperatur von Anfang an ab, aber in einem weit langsameren Masse als in den drei ersten Fällen. Einen wesentlichen Unterschied zeigte indessen die Lage der kritischen Temperatur. Dieselbe befand sich nicht mehr bei 140°, sondern etwa 70° höher bei ca. 210°. Den Umwandlungspunkt selbst erreichte die Bronze nicht, bereits 10° tiefer, bei 200°, wurde die Erwärmung abgebrochen. Es fand sich ferner, dass diesmal nach der Abkühlung auf Zimmer-Temperatur auch keine Verstärkung der Magnetisierbarkeit eintrat; dieselbe wurde sogar bedeutend kleiner als sie zu Anfang des Versuches gewesen war. Ein abermaliges 5. Erhitzen (Curve V) zeigte im wesentlichen dasselbe Verhalten wie die 4. Erwärmung. Die Magnetisierbarkeit nahm dieses Mal mit steigender Temperatur zunächst etwas zu, um so schroffer war dann nachher der Abfall bei Annäherung an den magnetischen Umwandlungspunkt; letzterer lag auch nicht mehr bei 210°, sondern, wie aus dem Verlauf der Curve V zu schliessen ist, vermutlich noch 20—30° höher.

Leider war die Anwendung höherer Temperaturen als 215° durch die Konstruktion der zu den ballistischen Aufnahmen dienenden Spulen eine Grenze gesetzt: Jene Temperatur durfte nicht überschritten werden, weil sonst eine Verkohlung der seidenen Drahtumspinnungen begonnen hätte.

Auch dieses Mal, bei der 5. Versuchsreihe, wurde der Umwandlungspunkt daher nicht erreicht. Um nun die kritische Temperatur einmal überschreiten zu können, untersuchte ich die Bronze jetzt im Dilatometer: die durchaus regelmässige Dilatation wurde bei 270° durch eine ganz geringe Anomalie gestört. Offenbar entspricht dieser Punkt der magnetischen Umwandlung der Legierung. Nach Erhitzen bis auf 300° leitete ich eine langsame Abkühlung der Probe ein, auch die Rückverwandlung des magnetischen Zustandes machte sich jetzt bei 230—240° durch einen anomalen Verlauf der Kontraktion bemerklich. Indessen nahm der Probestab nach Abkühlung auf Zimmer-Temperatur nicht mehr seine vor der Dilatation gemessene Länge an; es ergab sich eine dauernde Contraction von $^4/_{100}$ mm. Unmittelbar nach der Dilatation erfolgte noch eine ballistische Aufnahme: Die Magnetisierbarkeit war durch Überschreiten des bei 270° gelegenen Umwandlungspunktes ϑ_a qualitativ reversibel ($\vartheta_e = 240°$); quantitativ indessen zeigte sich eine ganz bedeutende Abnahme; die Induktion 𝔅 betrug nur noch etwa ein Drittel von ihrem Anfangswert. Eine nochmalige Erhitzung (Curve VI) im Schlussjoch bis 195° ergab nunmehr auch eine wesentliche Änderung im Charakter der ballistischen Curve. Während bisher die Induktionswerte mit wachsender Temperatur abnahmen oder nur höchstens innerhalb des Anfangsstadiums der Erhitzung ganz minimal anwuchsen, ergab sich jetzt bis 160° eine regelmässige Steigerung der Induktion um etwa 100 % des Ausgangswertes, von 190° an erfolgte dann ein sehr schroffer Fall der Magnetisierbarkeit.

Ich versuchte nun, die Bronze M 8 durch ein von Herrn Heusler bei der künstlichen Alterung angewendetes Verfahren wieder in einen stärker magnetisierbaren Zustand zurückzuführen: Die Legierung wurde 48 Stunden lang in siedendem Anilin

(184°) gekocht, also bei einer Temperatur, die jedenfalls weit unterhalb der kritischen gelegen war. Das Resultat bestätigte jedoch die Erwartungen nicht, anstatt Verstärkung ergab sich bedeutende Abnahme der Magnetisierbarkeit; der ballistisch gemessene Induktionswert (Curve VII) war um nahezu 70% kleiner als vor der Erwärmung. Auffallend ist auch die Lage des Umwandlungspunktes, welcher sich wieder bei 200—210° befand (vgl. auch Curve IV).

Dies sind im wesentlichen die Resultate der ballistischen und dilatometrischen Untersuchungen von M 8. Die auffallendste Erscheinung bietet dabei offenbar die bei der 4. Versuchsreihe aufgetretene plötzliche Verschiebung der kritischen Temperatur ϑ_a von 140° auf 210°. Wie letztere zu erklären ist, lässt sich natürlich noch nicht sagen, dazu sind weitere Aufnahmen, besonders mikrographische Untersuchungen erforderlich. Indessen sind Herr Heusler und ich der Ansicht, dass der Grund dieser überraschenden Erscheinung wahrscheinlich in der Rolle zu suchen ist, welche das Blei bei der Erniedrigung des Umwandlungspunktes der bleifreien Bronze spielt[1]). Nimmt man an, dass das Blei durch das wiederholte Erhitzen auf höhere Temperaturen seine obige Eigenschaft in irgend einer uns noch unbekannten Weise verloren hat, so könnte man vermuten, dass 210° vielleicht die Umwandlungs-Temperatur der bleifreien Bronze gleicher Zusammensetzung bedeutet. Um letztere Frage zu entscheiden, stellte mir Herr Heusler in liebenswürdiger Weise eine Bronze (Guss 1) her, welche sich von M 8 nur durch das Fehlen des Bleizusatzes unterscheiden sollte. Bekanntlich hat man es aber bei den Schwierigkeiten eines Gusses kleiner Mengen im Laboratorium nicht in der Hand, eine Bronze von genau vorgeschriebener Zusammensetzung herzustellen, es ist also möglich oder sogar wahrscheinlich, dass Guss 1 die Bestandteile Mangan und Aluminium in etwas anderen Mengen-

1) Ein analoges Verhalten zeigen die Eisen-Kohlenstoff-Legierungen (vgl. S. 82 meiner Inaug.-Diss. l. c.); ich werde in der ausführlichen Publikation näher hierauf eingehen.

verhältnissen als M 8 enthält. Ballistische Aufnahmen von Guss 1 ergaben nun, dass der Umwandlungspunkt ϑ_a dieser Legierung direkt nach dem Guss in der Tat bei etwa 230—240° gelegen ist; dieses Resultat scheint also unsere obige Vermutung zu bestätigen.

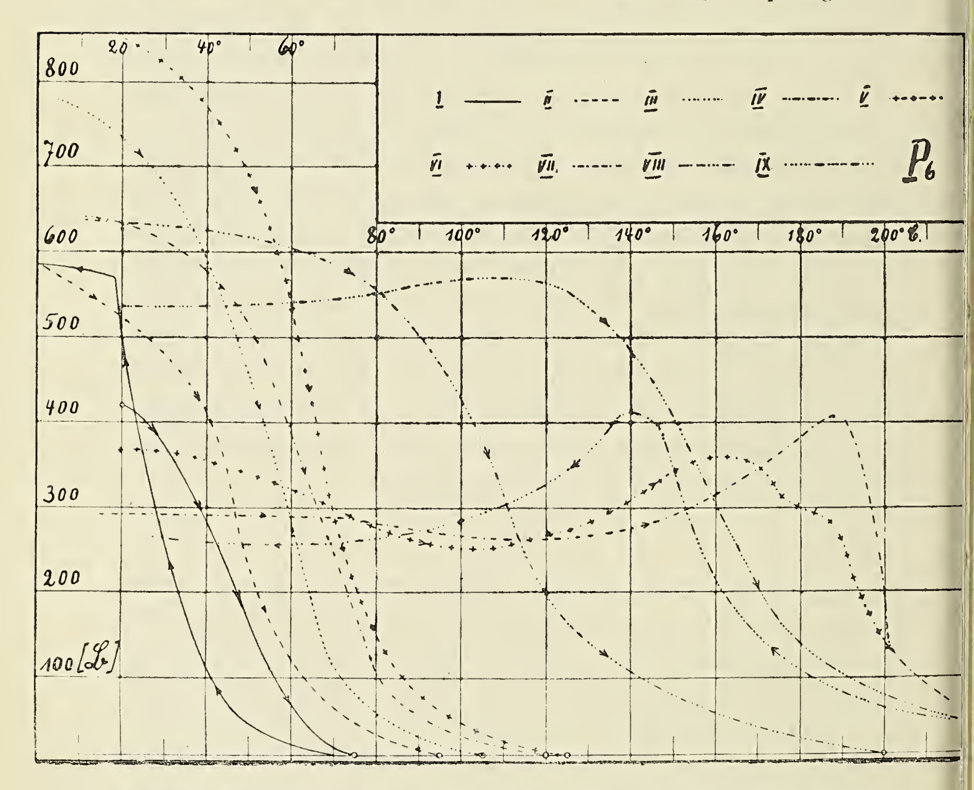
𝔐 8.

Von der Bronze M 8 standen mir (S. 6) zwei aus verschiedenen Güssen stammende Probestücke zur Verfügung. Dasjenige, dessen Verhalten im vorigen beschrieben, wurde ungealtert untersucht. Das andere (𝔐 8) derselben erhitzte ich zunächst 50 Stunden lang in siedendem Toluol (110°) und untersuchte es dann nach der ballistischen und dilatometrischen Methode. Bei 220° war die Bronze noch ziemlich stark magnetisierbar, wenngleich die ballistische Induktionskurve bereits in starker Senkung zum magnetischen Umwandlungspunkte hin begriffen war. Wo letzterer gelegen, ist nicht zu erkennen; eine dilatometrische Aufnahme bis 300° zeigte nicht die geringsten Spuren eines anomalen Verlaufes.

P 6.

Bei erstmaligem Erhitzen (Fig. 2, Curve I) war der Umwandlungspunkt bei etwa 75° gelegen. Analog den Ergebnissen von M 8 zeigte sich beim Abkühlen nur eine geringe Temperatur-Hysteresis von etwa 5°, gleichfalls war nach der Wieder-Abkühlung auf Zimmer-Temperatur die Magnetisierbarkeit der Bronze gestiegen. Dasselbe Verhalten zeigte eine zweite (Curve II) und dritte (Curve III) Erwärmung, nur stieg dabei die kritische Temperatur der magnetischen Umwandlung auf 95 bzw. 105°. Es folgte jetzt eine Untersuchung im Dilatometer, welche eine ganz minimale Anomalie der Ausdehnung bei 110—120° aufwies. Eine nochmalige ballistische Messung (Curve IV) ergab sodann eine magnetische Umwandlungs-Temperatur von 120°. Ich wollte nun versuchen, auch hier wie bei M 8 durch wiederholtes starkes Erhitzen eine grössere sprungweise Verschiebung des

Umwandlungspunktes herbeizuführen; viermaliges Erhitzen auf 140° (Curve V) zeigte jedoch keinen Erfolg: Die kritische Temperatur blieb genau bei 125° liegen. Nunmehr erhitzte ich P 6 noch höher bis etwa 200°, und jetzt ergaben erneute ballistische Aufnahmen (Curven VI und VII) einen gewaltigen Sprung des



Umwandlungspunktes um etwa 110°, dilatometrisch gab sich die jetzige Lage der Umwandlung bei 230—240° durch den anomalen Verlauf der Ausdehnung zu erkennen. Man hätte nun vermuten sollen, dass fernere ballistische Aufnahmen noch eine geringe Erhöhung der Umwandlungstemperatur ergeben würden: Indessen brachten Versuche in dieser Richtung ein sehr interessantes, unerwartetes Resultat: Durch die Erwärmung der Bronze im Dilatometer bis auf 290° war nunmehr die kritische Temperatur

wiederum gesunken (Curve VIII); sie lag jetzt bei 200°, also innerhalb des Intervalles von 125—235°, welches der Umwandlungspunkt nach der 6. Versuchsreihe übersprungen hatte. Eine nochmalige Erwärmung (Curve IX) von P 6 im Schlussjoche ergab wieder eine Erhöhung der kritischen Temperatur auf 240°.

Guss 2.

Von besonderem Interesse ist nun die Frage, wie sich eine bleilose Mangan-Aluminium-Bronze von im übrigen gleicher Zusammensetzung wie P 6 verhält? Eine annähernd solche Legierung stand mir in Guss 2 zur Verfügung; die genaueren Analysen werden noch zeigen, wie weit Guss 2 und P 6 in ihren Bestandteilen differieren Eine ballistische Untersuchung von Guss 2 ergab nun, dass die Temperatur der magnetischen Umwandlung direkt nach dem Guss bei 125° gelegen ist. Innerhalb acht weiterer, teils ballistischer, teils dilatometrischer Versuchsreihen stieg dann die kritische Temperatur allmählich bis auf 210°. Aus diesen Angaben ersieht man, dass also bei der bleihaltigen Bronze P 6 die kritische Temperatur der magnetischen Umwandlung bereits nach der 6. Versuchsreihe bis zur Umwandlungs-Temperatur (125°) der bleifreien Bronze „Guss 2“ gleicher Zusammensetzung gestiegen war. Das Blei, welches direkt nach dem Guss die im Verhältnis zu Guss 2 erniedrigten Umwandlungs-Temperaturen von P 6 bedingte, hat diese Eigenschaft offenbar schnell verloren. Indessen haben wir hier in qualitativer Hinsicht wohl denselben Zusammenhang (S. 10) wie zwischen M 8 und Guss 1. Wie nun aber der bei P 6 konstatierte Sprung der Umwandlungs-Temperatur von 125° auf 230—240° zu erklären, lässt sich vorläufig noch nicht einsehen, bevor weitere Versuche, besonders die mikrographischen an geätzten Schliffen, mehr Klarheit über die ganze Konstitution der Bronzen gebracht haben.

Ausser den bisher angeführten Legierungen wurden nach der ballistischen Methode noch die drei bleifreien Bronzen 36a, 70 und 71 untersucht. Es zeigten sich im wesentlichen dieselben Erscheinungen, welche bereits bei den bleifreien Bronzen Guss 1 und Guss 2 beobachtet wurden. Von besonderem Interesse ist hier der grosse Betrag der Temperatur-Hysteresis (20—30°), welcher bei 36a gefunden wurde.

Da nach dem Erhitzen der Bronzen bis zu ihrer kritischen Temperatur und darauf folgender Abkühlung die Magnetisierbarkeit in vielen Fällen zugenommen, so lag die Frage auf der Hand, ob sich mit weitergehender Abkühlung unter Zimmer-Temperatur noch bedeutende Verstärkung erreichen lässt. Versuche, welche in dieser Hinsicht bis zu einer Temperatur von — 120° angestellt wurden, ergaben jedoch, dass die untersuchten Bronzen durch die tiefe Abkühlung sozusagen unverändert geblieben waren.

Soweit bisher besprochen, wurden die dilatometrischen Untersuchungen der Bronzen nur um wenige Grad über die kritischen Temperaturen der magnetischen Umwandlungen hinaus ausgedehnt; letztere traten dabei nur durch äusserst geringe Anomalien zu Tage. Ich untersuchte nun noch die Bronzen im Dilatometer bis zu einer Temperatur von 520°, um etwaige oberhalb der magnetischen Umwandlungspunkte gelegene Struktur-Umwandlungen aufzufinden. Es zeigte sich, dass meist zwischen 400° und 500° weitere Umwandlungen erfolgen, welche dilatometrisch von teilweise sehr grossen Anomalien begleitet und in vielen Fällen selbst nach Abkühlen auf Zimmertemperatur noch irreversibel sind; gleichfalls ergaben sich in sämtlichen Fällen dauernde Längenänderungen. So waren nach der Dilatation bis 520° die Legierungen P 6, 36a, Guss 2 und 71 so gut wie unmagnetisierbar; Guss 1 und 𝔐 8 dagegen waren

nahezu unverändert. Völlig abweichend war das Verhalten von M 8 und 70: hier ergab sich neben dauernder Kontraktion Verstärkung der Magnetisierbarkeit; der ballistisch gemessene Induktionswert war im Verhältnis 11 : 10 bzw. 5 : 1 gewachsen. Nach einer nochmaligen Erhitzung von M 8 auf 530° war die Induktion nunmehr wiederum etwa auf das 5fache gestiegen (Fig. 1, Curve VIII). Schliesslich versuchte ich noch, die durch die Dilatation bis 520° geschwächten bzw. nahezu unmagnetisierbar gewordenen Bronzen durch langsames Abkühlen bis —185° wieder in einen stärker magnetisierbaren Zustand zu versetzen, indessen waren diese Versuche fast ohne irgend einen Einfluss.

Herr Kiessling berichtet

über weitere Kondensationsversuche

die unter seiner Leitung im hiesigen physikalischen Institut von Herrn E. Barkow ausgeführt worden sind. Es handelt sich um die Einwirkung der Bestrahlung feuchter Luft mit ultraviolettem Licht. Die Eigenschaft des ultravioletten Lichtes, die Kondensation in feuchter Luft zu befördern, ist zuerst von Lenard und Wolf 1889 (Wied. Ann. 37.) gefunden worden; doch ist die Ursache der Erscheinung nicht richtig gedeutet worden. Lenard und Wolf liessen ultraviolette Strahlung einerseits auf feuchte, staubfreie in Glasgefässen eingeschlossene Luft wirken, die dann adiabatisch ausgedehnt wurde. Andererseits benutzten sie als Reagenz auf Kondensationswirkung die empfindlichen Veränderungen im Helmholtz'schen Dampfstrahl. Sie schrieben aber die Entstehung der Kondensation der Zerstäubung zu, welche die ultraviolette Bestrahlung an der Oberfläche der benutzten Quarzlinsen hervorrufen sollte. R. v. Helmholtz und F. Richarz haben dann (Ann. 40, 1890) die Vermutung ausgesprochen, dass die wesentliche Quelle der Kondensation in der durch die ultraviolette Bestrahlung erzeugten Jonisation zu

suchen sei und haben die Richtigkeit ihrer Vermutung schon durch einen Versuch wahrscheinlich gemacht (l. c. pag. 186 u. 187). Sicher bestätigt wurde sie durch E. Simon (Wien. Ber. 104 (2), Juni 1895), durch C. T. R. Wilson (Proc. Roy. Soc. 64, 165 (1898); Naturw. Rundschau 14, 174 (1899) und Lenard selbst (Ann. d. Phys. (4) 1, 486 (1900)).

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich darum festzustellen, unter welchen Bedingungen der nach ultravioletter Durchstrahlung erzeugte Nebel homogen ist, d. h. alle Nebeltröpfchen von genau gleicher Grösse sind. Das Innere eines etwa 8 Liter fassenden kugelförmigen, mit filtrierter, gesättigter Luft gefüllten Glasgefässes wurde durch eine aufgekittete Quarzlinse hindurch mittels einer Quecksilber-Bogenlicht-Lampe durchleuchtet. Der nach der ersten Expansion entstehende sehr dichte Nebel ist nicht homogen; wird aber, nachdem dieser erste Nebel sich gesetzt hat, zum Druckausgleich wieder filtrierte, gesättigte Luft in das Glassgefäss eingelassen und dann die Expansion wiederholt, so entsteht ein homogener Nebel von grosser Dichtigkeit, so dass mittels elektrischen Bogenlichts die Beugungsringe in kräftig entwickelten Farben sich objektiv darstellen lassen. Es ist beachtenswert, dass, wenn der homogene Nebel sich gesetzt hat, ein bläulicher, das Gefäss gleichmässig erfüllender Dunst sehr lange Zeit bestehen bleibt. (Vergleiche die Untersuchungen von T. R. Wilson, Proc. Cambr. Soc. 9, 282, 1898; Phil. Trans. (A) 192, 403, 1899 und J. H. Vincent, Proc. Cambr. Soc. 12, 305, 1903).

Als Quelle der starken Kondensation muss nach den bis jetzt angestellten Untersuchungen die durch die ultraviolette Strahlung erzeugte Jonisation in der feuchten Luft angesehen werden. Diesen Vorgang kann man in folgender Weise erklären: die ultraviolette Strahlung besteht aus elektromagnetischen Wellen, deren Wellenlänge $< 200\ \mu\mu$ ist. Treffen nun solche Wellen auf eine Molekel, so muss eine kräftige Übertragung der periodischen Zustandsänderung dann eintreten, wenn die Periodendauer der auffallenden Wellen mit der Periodendauer eines der

elektrischen Elementarquanten der Molekel übereinstimmt. Dann findet ein Resonanzvorgang statt, der schliesslich dahin führen muss, dass die Molekel zerfällt d. h. sich in Jonen spaltet.

In der Diskussion bemerkte Herr F. Richarz zu dem Vortrage des Herrn J. Kiessling Folgendes. In denjenigen Fällen, in welchen Jonen die Ursache der Kondensation von Wasserdampf sind, müssen die einzelnen Tröpfchen elektrisch geladen sein, wie auch verschiedentlich nachgewiesen worden ist. Nun ist aber unter Anderem auch gerade in dem Falle der Kondensation durch ultraviolettes Licht das Vorhandensein ungeladener Tröpfchen durch Versuche wahrscheinlich gemacht worden. Dasselbe würde sich jedoch ungezwungen dadurch erklären, dass Tröpfchen, die ursprünglich je ein positives und ein negatives Jon als Kondensationskerne enthielten, sich zu elektrisch neutralen Tröpfchen vereinigen: das Vorhandensein der letzteren erscheint auf diese Weise sogar geradezu nicht nur als möglich, sondern als notwendig.

Aufgelegte Schriften:

88. Jahresbericht der naturf. Gesellsch. in Emden 1902/3. Emden 1904.

Leopoldina. 40. Heft. No. 12 und Titel. Halle a. S. 1904.

Memoirs and proceedings of the Manchester literary and philos. society 1904/5. 49. Bd. I. Th. Manchester 1905.

Monthly lish of publications. No. 507. Decbr. 1904.

Proceedings of the American philosoph. society at Philadelphia. 43. Bd. No. 177. Phil. 1904.

Proceedings of the American Academy of arts and sciences. 40. Bd. Nr. 8/9. Octbr. 1904.

Proceedings of the Academy of natural sciences of Philadelphia. 56. Bd. II. Th. April—Aug. 1904. Philadelphia 1904.

Schriften des naturwiss. Vereins f. Schlesw.-Holstein. Register zu Bd. I—XII. Kiel I—XII.

Sitzungsberichte der Niederrhein. Gesellsch. f. Natur. u. Heilkunde zu Bonn 1904. 1. Hälfte. Bonn 1904.

Sitzungsberichte der Gesellsch. f. Morphologie etc. in München. XX. Bd. 1904. Heft 1. München 1904.

Smithsonian miscellaneous Collections. 44. Bd. 2. Suppl. u. Titel (1440). Washington 1904.

Smithsonian miscellaneous Collections. 46. Bd. (Nr. 1477). Washington 1904.

Smithsonian Annual report 1903. geb. Washington 1904.

University of California publications. Botany. II. Bd. pag. 1/71. Berkeley 1904.

Verhandlungen der naturforsch. Gesellsch. in Basel. 17. Bd. Basel 1904.

Verhandlungen des naturforsch. Vereins in Brünn. 42. Bd. Brünn 1904.

Verhandlungen des naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. VIII. Bd. 1. Heft. Heidelberg 1904.

Verhandlungen des naturhist. Vereins der Rheinlande. 61. Jahrg. 1. Hälfte. Bonn 1904.

Verhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt 1904. No. 13/15. Wien.

Zoologica. 42. Heft. 1/2. (XVII. Bd. 5/6. Lfg.). 4°. Stuttgart 1904.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 4 **Mai** **1905**

In der ordentlichen Sitzung vom 10. Mai sprach Herr Professor Bonhoff über das Thema:

Studien über den Vaccine-Erreger.

M. H.!

In einer im 34. Bande des Centralbl. f. B. u. P. veröffentlichten Arbeit habe ich über Versuche berichtet, den Vaccine-Erreger zu erkennen. Dort ist mitgeteilt, warum m. E. Bakterien nicht die Ursache dieser Erkrankung sein können; warum es für mich ausgeschlossen ist, dass es sich um Amoeben handelt; warum ich endlich auch die feinen lebhaft beweglichen stark lichtbrechenden Körnchen, die immer in Vaccinepusteln gefunden werden, nicht mit dem ätiologischen Moment der Vaccine für identisch halte.

Am Schlusse jener Arbeit habe ich mich über ein Verfahren ausgelassen, mit dessen Hülfe ich hoffte, einen nicht unwesentlichen Fortschritt in der Erkenntnis des fraglichen Parasiten erreichen zu können. Versuche subkutaner Überimpfung von Lymphe auf Kaninchen, die ich im Glauben unternommen, in diesem Thierkörper vielleicht eine Entwickelung des auf künstlichem Nährboden unzüchtbaren Parasiten zu ermöglichen, hatten — bei Rückimpfung des Materials auf das Kalb — gezeigt, dass

die Parasiten am ersten Tage nach der Impfung noch ziemlich reichlich, am zweiten Tage nach derselben entweder nur sehr spärlich oder überhaupt nicht mehr, am dritten Tage sicher nicht mehr an der subkutanen Impfstelle, am Kaninchenohr, vorhanden sind. Die Annahme lag nahe, dass die Krankheitserreger durch parasiticide Wirkungen der Körpersäfte des Versuchstieres abgetötet waren. Vielleicht konnte man diese Wirkungen ausschalten, wenn man Meerschweinchen mit denjenigen Organen des Kaninchens in steigenden Dosen behandelte, die vermutlich die Produzenten der parasiticiden Stoffe sind; und wenn man nach Erhaltung von Antiamboceptoren und Anticomplementen im Serum der Meerschweinchen dies Serum mit Lymphe zusammen in einem Schwämmchen, also in lokaler Begrenzung, unter die Haut des Kaninchens an passender Stelle einbrachte. Milz, Knochenmark und Lymphdrüsen das Kaninchens wurden also in möglichster Sterilität entnommen und damit eine grössere Anzahl Meerschweinchen subkutan in steigenden Dosen injizirt. Nach der dritten oder vierten Einspritzung wurde den Meerschweinchen Blut entnommen und dies zu den Kaninchen-Lympheversuchen benutzt. Die Immunisirung der Meerschweinchen liess sich fast nie weitertreiben, da die Tiere nach der dritten oder vierten Einspritzung meist an einer Bakterieninfektion (fast immer mit dem Fraenkel'schen Gasphlegmonebacillus) oder aus anderen Gründen eingingen.

Nimmt man in solcher Weise bei Kaninchen eine Impfung von Kalbslymphe zusammen mit dem Serum von gegen Kaninchenmilz immunisirten Meerschweinchen in eine Hauttasche des Ohres vor, so resultirt zunächst eine Verlängerung der Infektiosität des Schwämmchen-Inhalts um etwa 48 Stunden. Man kann meist bis zum vierten Tage mit diesem Material beim Kalbe Pusteln erzeugen. Für mich waren indess Untersuchungen des Schwämmchen-Inhalts durch das Mikroskop von grösserer Anziehungskraft. Man wird bei genügender Häufigkeit der Entnahme von Flüssigkeit aus dem in der Hauttasche befindlichen Schwämmchen zu einem Urteil über eventuell in der Flüssigkeit

sich vollziehende Veränderungen gelangen können. Da die Schwämmchen sehr reichlich mit Lymphe und Serum beschickt werden, mit drei Tropfen Glycerinlymphe, dazu mit 4—6 Tropfen des unverdünnten Meerschweinchenserums, so vermag man in den ersten Tagen mit Leichtigkeit je 5—6 Deckglaspräparate anzufertigen und, wenn man es für nötig hält, auch noch ca. $^1/_2$ ccm des Schwämmchen-Inhalts in Capillaren aufzusammeln und aufzubewahren.

Der Inhalt des Schwämmchens enthält nun in den ersten beiden Tagen ganz ausserordentlich spärliche Zellen, die fast nur polynukleäre neutrophile Leukocyten zu sein scheinen. Nur wenn man schon zu dieser Zeit durch einen stärkeren Druck auf das Schwämmchen Teile der hineingebrachten Lymphe mit Gewalt herauspresst, sind die daherstammenden Gewebstrümmer in den Präparaten wiederzufinden. Vom dritten Tage an, bei starker bakterieller Verunreinigung der Lymphe oder der Wunde auch schon früher, wird die Zahl der weissen Blutkörperchen sehr viel beträchtlicher und es treten darunter eine recht grosse Zahl grosser und kleiner Lymphocyten auf, bei Romanowsky-Färbung an der Blaufärbung des Protoplasmasaumes und an dem grossen braunviolet gefärbten Kerne ohne Weiteres erkennbar. Eine beträchtliche Anzahl dieser Lymphocyten ist schon jetzt verändert, vergrössert, Kern und Protoplasma aufgequollen, der gequollene und zerfaserte Kern auch vielfach freiliegend und in Streifen und Fäden sich auflösend. Zwischen diesen Zellen ist noch völlig von körperlichen Elementen freie Flüssigkeit, die nur an den Stellen, wo sie in dickerer Schicht angetrocknet ist. eine Spur von Färbung angenommen hat. Das erste hier vor mir aufgestellte Mikroskop zeigt Ihnen die völlig homogene, schwach bläulich gefärbte Flüssigkeitsschicht zwischen den Leukocyten.

Vom vierten Tage an, zuweilen auch erst später, fängt der Inhalt des Schwämmchens an allmälig zähflüssig zu werden, eine Veränderung, die nicht durch wesentliche Vermehrung der Leukocyten bedingt, sondern auf andere Weise zu erklären ist.

Die Zahl der Leukocyten kann also ganz unverändert bleiben, recht häufig tritt sogar zweifellos eine Verminderung dieser Körperzellen in dem Schwämmcheninhalt ein. Untersucht man von diesem Zeitpunkt des Zäherwerdens in gefärbten Präparaten (Löffler's Blau), so sieht man zwischen den weissen Blutelementen nicht mehr homogene Flüssigkeit, sondern an vielen Stellen des Präparates, aber nicht überall, also nicht ganz regelmässig verteilt, äusserst kleine, bei 1000facher Vergrösserung kaum stecknadelspitzgrosse feinste Punkte von ziemlich übereinstimmender Grösse und etwas unregelmässiger Umgrenzung, meist im Ganzen rundlich, auftreten, in der Art, wie sie unter dem zweiten Mikroskop und auf der vor Ihnen liegenden Photogrammtafel im ersten Photogramm dargestellt sind. Es ist, als sei ein feiner blauer Sand an diesen Stellen in die zellfreien Teile der Flüssigkeit eingestreut oder als wären sehr feine gleichmässige Farbstoffniederschläge in dem Präparat vorhanden. Von letzterer Ursache ist indess bei dem Auftreten dieser kleinsten Stäubchen keine Rede.

In den nächsten 24—48 Stunden nimmt nun nicht nur die Zahl der Stäubchen zu, so dass sie jetzt fast in jedem Gesichtsfeld vorhanden sind, sondern es vergrössert sich wahrscheinlich auch der Umfang der zuerst aufgetretenen Körner, freilich nicht bei Allen in gleichem Masse. Die Folge ist, dass eine grosse Anzahl etwa stecknadelkopfgrosser Gebilde zwischen Leuko- und Lymphocyten liegen, zwischen solchen grösseren Körnern eine nicht unbeträchtliche Anzahl feinster eben beschriebener Sandstäubchen. Die grösseren Körnchen erscheinen auch in der Mehrzahl rund, oft freilich findet man bei stärkster Vergrösserung etwas wie feine Ausläufer an ihnen. Die Farbstoffaufnahme ist nicht immer an allen Teilen des einzelnen Kornes gleichmässig stark, an einzelnen der Körner ist ein intensiver gefärbter Punkt an irgend einer Stelle des Kornes, durchaus nicht immer in der Mitte, zu erkennen. Das hier geschilderte Stadium ist unter dem dritten Mikroskop wiedergegeben, ebenso m zweiten Photogramm.

Nach weiteren 24—48 Stunden hat die Anzahl der Körner und Stäubchen weiter erheblich zugenommen, ebenso die Vergrösserung im Umfange einzelner Elemente. Neben den bisher beschriebenen Formen finden sich daher recht zahlreich rundliche und ausserdem ganz unregelmässig geformte Gebilde, zuweilen schlauchförmig, spindelförmig, halbmondähnlich, unregelmässig vier- oder vieleckig, von wabigem Bau, d. h. nicht ganz homogen erscheinend, deren Grössenmasse gar sehr verschieden sind. Die rundlichen oder eiförmigen haben etwa 3—4 μ im grössten Durchmesser, die übrigen meist weit mehr, 6—8 μ und mehr. Ja es gibt längere schlauchähnliche Formen, deren grösster Durchmesser 12 μ übersteigt. Die Begrenzung auch dieser grösseren Formen ist nicht immer ganz scharf, es ist besonders bei dichterer Lage dieser Gebilde zuweilen recht schwierig, mit Sicherheit zu sagen, ob ein bestimmter Ausläufer zu einem rechts oder links liegenden Körperchen dieser Art gehört. Wie schon eben angedeutet, ist die Annahme des Farbstoffs bei diesen grösseren Formen nicht homogen, vielmehr sind fast immer hellere Stellen von oft beträchtlicher Kleinheit und meist etwa runder Gestalt in dem Inhalt zu erkennen, wodurch eben ein wabiger Bau wahrscheinlich gemacht wird. Stärker gefärbte Stellen finden sich in diesen grösseren Gebilden wohl etwas weniger häufig, als in den mittelgrossen Körnern. Immerhin sind sie bei einigem Suchen mit Leichtigkeit aufzufinden. Sie unterscheiden sich bei Färbung mit Löfflers Blau auch im Farbenton ganz wenig, sie sind etwas mehr violet, haben also eine metachromatische Färbung angenommen. Das vierte Mikroskop und Photogramm zeigt ein typisches Bild eines solchen Schwämmcheninhalts; hier ist auch eine der längsten bis jetzt gesehenen Formen mit deutlich stärker gefärbtem Kern ziemlich in der Mitte des breiteren Theils zu sehen.

Wenn diese grösseren Formen voll ausgebildet sind, und wenn sie z. B. in einem Präparat des siebten Tages in ungeheuren Mengen sich finden, so kann das Präparat vom achten Tage ganz frei von allen den beschriebenen Formen sein; ausser

Leukocyten findet sich nur die völlig homogene Flüssigkeitsschicht, an manchen Stellen vielleicht einige „Stäubchen.“ Freilich sind dann viele der weissen Blutkörperchen eigentümlich verändert, so dass man geneigt sein könnte, diese veränderten Blutelemente für etwas ganz Anderes, für Theilungsformen z. B. des weiter gewachsenen „Parasiten“ zu halten. Auf dem fünften Photogramm ist eine solche „Teilungsform“ mit einem sich eben ablösenden Teile in der Mitte des Gesichtsfeldes zu erkennen. Bei anderen Versuchstieren verschwinden diese grösseren Formen nicht sofort nach ihrer vollen Ausbildung aus den Präparaten. Sie sind tagelang, zuweilen drei bis vier Tage hintereinander, in denselben vorhanden; oder sie verschwinden vielleicht für ein oder zwei Tage aus dem Ausgepressten, um später wieder reichlich sich zu zeigen, oder sie sind nicht so zahlreich, dass sie in den späteren Präparaten, vom achten Tage an etwa, in jedem Gesichtsfeld zu finden wären. Zuguterletzt sind sie jedenfalls, je nachdem am neunten, zehnten oder elften Tage, nicht mehr nachzuweisen, auch dann nicht, wenn es noch recht gut möglich ist, flüssigen Inhalt aus den Schwämmchen herauszupressen. Der Schwämmcheninhalt ist jetzt meist ein an Bakterien und Leukocyten sehr reicher Brei geworden, der nur noch in geringen Mengen zu erhalten ist. Die Bakterienzahl im Schwämmchen nimmt mit dem Auftreten der grösseren Formen immer mehr oder weniger stark ab, so dass es z. B. mitunter nicht ganz leicht ist, in einem Präparat vom siebten Tage Bakterien überhaupt zu finden, während sie am fünften oder sechsten Tage in den Präparaten desselben Tieres sehr reichlich sich zeigten. Mit dem Verschwinden dieser grösseren Formen wabigen Baues erscheinen denn auch die Bakterien wieder in grosser Zahl.

Nach dem zwölften Tage habe ich Formen, die den eben beschriebenen irgendwie entsprächen, nie mehr gesehen. Es ist mir verschiedentlich möglich gewesen, bei den von mir geimpften Kaninchen bis zum 21. Tage in fortlaufender Reihe Präparate an jedem Tage zu erhalten. Dieselben haben sich zwar ebenfalls

reich erwiesen an Formen, welche meines Wissens bisher niemals beschrieben sind; die oben geschilderten Gebilde waren nicht vorhanden.

Bei der Verwendung von Farbgemischen zeigten die wabigen Körperchen folgendes Verhalten: Gegen Kombinationen von Eosin und Haematoxylin nach Art z. B. des von Doflein an mehreren Stellen beschriebenen Verfahrens reagirten sie mit schwacher Blaufärbung, meist im Ganzen. Nur bei einigen Exemplaren war um den mit Haematoxylin gefärbten Teil eine schmale rosenrote Zone zu erkennen. Mit dem Biondi-Ehrlich'schen Dreifarbengemisch habe ich verwertbare Bilder trotz zahlreicher Versuche niemals erhalten. Die Romanowsky'sche Färbung ergibt sehr klare und auch ganz haltbare Bilder. Verwendet wurde zunächst das von Nocht angegebene Verfahren, später die Modifikationen, die von Giemsa und von Reuter mitgeteilt sind. Besonders mit dem ursprünglichen, von Giemsa mitgeteilten Vorgehen sind sehr brauchbare Präparate zu erhalten, wenn man nur durch Erreichung des Schwimmenbleibens der mit der zu färbenden Fläche nach unten gelagerten Deckgläschen dafür sorgt, dass die sedimentirende Azurfarbe keine Niederschläge in dem Präparat erzeugen kann. Es ist wichtig, dass die von mir soeben beschriebenen Gebilde niemals chromatinrot gefärbt sind, sondern immer und zwar in toto schwach blau, ohne irgend welche Besonderheiten, genau so, wie der Protoplasmasaum der Lymphocyten. Die Präparate unter den Mikroskopen 5—7 werden ihnen diese Angaben bestätigen. Bei der Gram'schen Färbung erwiesen sich die Gebilde als leicht entfärbbar. Mögen diese Mitteilungen über Farbenreaktionen heute genügen! Vielleicht ist später einmal Gelegenheit, sie zu ergänzen.

Im ungefärbten Präparat, im hängenden Tropfen untersucht, erscheinen die grössten der wabigen Körperchen als äusserst flache, völlig homogene, kaum gefärbte oder ganz schwach weiss-gelblich sich darstellende Scheibchen von der Grösse etwa eines Dritteils eines roten Blutkörperchens und unregelmässiger, meist aber runder Gestalt mit scharfem Rande.

Sie zeigen keine starke Lichtbrechung, liegen verschieden dicht in der Flüssigkeit zwischen den Leukocyten und haben niemals etwas von Eigenbewegung oder amöboider Bewegung oder irgend welcher anderen Art von Lokomotion erkennen lassen, auch dann nicht, wenn sie während längerer Zeit bei 37° C unter dem geheizten Mikroskop beobachtet wurden. War einmal eine Veränderung in dem mikroskopischen Bilde nach längerer Zeit eingetreten, so liess sich der Grund dafür immer leicht in Strömungen oder Plasmabewegungen nahegelegener Leukocyten auffinden.

Die hiermit wohl zur Genüge gekennzeichneten Gebilde habe ich aus den Lymphen aller deutschen Staatsinstitute mit Ausnahme der in der Cölner staatlichen Lymphe-Gewinnungsanstalt erzeugten sich entwickeln sehen, vorausgesetzt, dass das Meerschweinchen-Serum genügende Wertigkeit besass. In Kontrolversuchen mit lange gelagerter, beim Kalbe unwirksamer Lymphe erhielt ich dagegen in meinen damaligen Präparaten niemals auch nur Andeutungen solcher Formen. Vielleicht darf ich hier kurz einschalten, dass sich auch dann im Schwämmchen solche wabige Körperchen nicht entwickeln, wenn das Serum von gegen Knochenmark und Lymphdrüsen des Kaninchens immunisirten Meerschweinchen stammte. Wohl aber bekam ich, wenn auch weit spärlicher und kleiner, Gebilde der bezeichneten Art, wenn ich die Schwämmchen neben dem Serum der gegen Milz immunisirten Meerschweinchen mit Blut von an Scharlach erkrankten, auf der Höhe des Fiebers befindlichen Kindern, oder mit der Hautabschuppung masernkrank gewesener Kinder oder mit dem Belag syphilitischer Condylome versah.

Handelt es sich bei diesen Körpern um parasitäre Gebilde? Für Bejahung dieser Frage sprechen die Art von Entwickelung, welche scheinbar in dem Schwämmchen vor sich geht, das völlige Verschwinden derselben von einem bestimmten Zeitpunkt

an; für Verneinung der Frage hauptsächlich der völlige Mangel der Virulenz des die Gebilde in schönster Vollendung enthaltenden Schwämmcheninhalts für das Kalb. Es ist mir bei keinem meiner Versuche geglückt, mit derartigem Material Pocken beim Kalb zu erzeugen. Es blieb die Möglichkeit, dass diese Gebilde ein die Infektion nicht vermittelndes Stadium in einem eventuellen Entwickelungsgange des mutmasslichen Parasiten darstellten. Für diese Anschauung sprach die Thatsache, dass es mir in etwa 50% der diesbezüglichen Versuche gelang, ein Wiederauftreten der Virulenz des Schwämmcheninhalts nach Verschwinden dieser Formen zu beobachten. Dabei bildeten sich an den Impfstellen des Kalbes nicht etwa vereinzelte, sondern dicht zusammenliegende üppig entwickelte Blattern in grosser Zahl, die m. E. auf ein reichliches Vorhandensein des Vaccine-Erregers in dem Impfmaterial hinwiesen. Leider waren, wie schon erwähnt, die Resultate bei diesen Versuchen unregelmässig, in der Hälfte der Versuche gingen Blattern nicht auf.

Bemühungen, ähnliche Formen, wie ich eben beschrieben, in den Pusteln oder im Blut des Kalbes, in menschlichen Vaccine-Pusteln oder im menschlichen Blut nach der Impfung zu finden, hatten kein Resultat. Auch in der geimpften Cornea des Kaninchens fand sich nichts Ähnliches. Die Hoffnung, im Darm von Insekten, die an frischer Glycerinfreier Lymphe gesessen hatten, eine Entwickelung ähnlicher Art zu erhalten, erfüllte sich nicht.

Was konnte in den beschriebenen Gebilden Anderes als Parasiten vorliegen? Dass sie nicht aus dem Serum stammten, zeigten u. A. die erwähnten Kontrolversuche. Aus dem Schwämmchen kamen sie nicht, denn man konnte auch mit aus künstlichen Gummischwämmen hergestellten Stücken dieselbe Entwickelung erhalten. Es blieb die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit, dass diese Formen aus dem Kaninchenkörper sich bildeten, vielleicht unter dem Reiz des Antiamboceptors und Anticomplements im Meerschweinchen-Serum. Für normale Blutbestandteile konnten sie nicht gelten, z. B. nicht etwa für

Blutplättchen (Fehlen der Zacken, sonstiges färberisches Verhalten). Auch für rote Blutkörperchen oder veränderte derartige Zellen oder Teile von solchen vermag ich sie nach ihren Eigenschaften (wabiger Bau, Basophilie) nicht zu halten. Möglich aber ist, dass es sich um Teile oder Derivate weisser Blutzellen handelt. Um Kernbestandteile oder um Granoplasma. Veränderungen von Kernen liessen sich, wie oben schon hervorgehoben ist, in den ersten Tagen nach Einbringung des Schwämmchens spärlich, vom vierten Tage an etwa aber recht reichlich beobachten. Besonders die einkernigen Lymphocyten zeigten dann starke Quellung, später auch Auffaserung der Kernsubstanz, in der Art, wie es Ihnen die Photogramme 6–10 deutlich zeigen. Auch die Identität mit leuko- bzw. lymphocytärem Plasma lässt sich nicht glatt von der Hand weisen. Ich mache aufmerksam auf eine Äusserung Unna's in einem der letzten Hefte des histopathologischen Atlas der Haut, wo er abgesprengtes „Granoplasma“ abbildet und betont, dass solche Formen in mit Fremdkörpern längere Zeit in Berührung befindlichen Serum sich leicht entwickelten.

Diese Überlegungen zwangen zu weiteren Kontrollversuchen. Dieselben wurden in etwas modifizirter Weise angestellt. Den Kaninchen wurde zunächst ein steriles Schwämmchen ohne Inhalt unter die Haut des einen Ohres gebracht; nach 8—14 Tagen das mit Serum und inaktiver Lymphe beschickte unter die Haut des anderen Ohres. In diesen Versuchen habe ich nun in den meisten Fällen in dem Schwämmcheninhalt wenigstens eine Andeutung von Formen erhalten, die den oben beschriebenen Gebilden ähnlich sind. Formen, wie die auf den Photogrammen 1 und 3 abgebildeten traten dabei fast immer auf; Formen wie auf Photogramm 4, also die grösseren wabigen Körperchen, habe ich bisher niemals gefunden. Eine Entscheidung in der Beurteilung der von mir erhaltenen Körperchen nach der einen oder anderen Richtung erschien daher schwierig und ich liess zunächst diese im Jahre 1902 erhobenen Befunde liegen.

Seitdem sind durch Leishmann und Marchand Bilder veröffentlicht, die mich in etwas an meine Schwämmchenkörper erinnerten. Präparate dieser Gebilde habe ich allerdings nicht gesehen, sondern nur die im Centralbl. f. B. u. P. und in der Zeitschrift für Hygiene wiedergegebenen Zeichnungen. Besonders mit den in letzterer Fachschrift enthaltenen Bildern haben meine aus Lymphe im Schwämmchen erhaltenen Formen eine gewisse Ähnlichkeit. Dazu kamen bald die Veröffentlichungen Negri's über Befunde eigenartiger Körperchen in gewissen Zellen des Gehirns bei lyssakranken Tieren. Damit Sie sehen, dass mit diesen Gebilden eine gewisse Ähnlichkeit besteht, habe ich Ihnen ein Präparat dieser Negri'schen Körper aus dem Ammonshorn, deren Auftreten man wohl jetzt als pathognomonisch für Hundswut ansehen darf, unter eines der aufgestellten Mikroskope gelegt.

Für mich gaben diese Veröffentlichungen den Anlass, zu untersuchen, ob es sich bei meinen Schwämmchenkörpern nicht um ein Entwickelungsstadium von Trypanosomen handeln könnte. Es kam also darauf an, festzustellen, ob sich Trypanosomen oder ähnliche Gebilde nicht in Ausstrichen von Kalbs- und Menschenblattern, ferner in Schnitten vom Kalbe finden liessen. Ich habe daher im December 1904 eine grössere Anzahl von Deckglaspräparaten aus frisch beim Kalbe erhaltenen Blattern verschiedenen Alters, vom 4.—12. Tage hergestellt, ausserdem gut entwickelte Impfungen herausgeschnitten, das Material nach verschiedenen Methoden konservirt und geschnitten. Ferner wurden bei einigen frisch geimpften Kindern Deckglasausstriche vom 5.—8. Tage und Untersuchungen im hängenden Tropfen vorgenommen; auch die bei diesen Untersuchungen erhobenen Befunde durch lebende Präparate vom Kalbe zu bestätigen gesucht.

In den nur mit der ursprünglich von Giemsa angegebenen Eosin-Azurmischung gefärbten Präparaten liessen sich nun in der That gar schnell Formen finden, die meine Vermutung bezüglich Trypanosomen zu rechtfertigen schienen. Es sind in

jedem Anstrichpräparate grössere Gebilde vorhanden, die in ihren Umrissen sich genau wie Trypanosomen verhalten, Formen, wie sie das Photogramm 11 wiedergibt und wie sie dort auch unter einem der Mikroskope eingestellt sind. Aber darauf möchte ich gar keinen Wert legen. Denn einmal sind dieselben gleichmässig gefärbt, ohne Differenzirungen zu zeigen; von einem Kern oder dem Blepharoplasten, auch von einer undulirenden Membram ist nichts zu erkennen. Besonders fraglich aber werden solche Formen, weil im lebenden Präparat und in Schnitten gar nichts von ihnen zu sehen ist. Ich halte sie demnach für ausgezogene Kernbestandteile oder dergl., bei dem Ausstreichen des Materials auf dem Deckglase entstanden. Neben diesen grösseren Formen aber findet man bei eifrigem Suchen weit feinere Gebilde von ziemlicher Länge, gar nicht einmal so spärlich, wie sie Ihnen die Photogramme 13 und 14 und die dieselben Bilder zeigenden beiden Mikroskope dort an der Wand wiedergeben. Dass es sich dabei um Spirochaeten handelt, erscheint klar. Um einen Vergleich zu ermöglichen, habe ich Ihnen typische Spirochaeten aus anderem Material in einer Anzahl mikroskopischer Präparate aufgestellt, aus Zahnschleim, die Spirochaeta anserina, aus Fällen von Sommerdiarrhoe, letztere die feinsten derartigen Gebilde, die ich bisher gesehen habe. Die hier aus Vaccine demonstrirten Spirochaeten sind zweifellos etwas dicker als die letztgenannten, von recht verschiedener Länge, und färben sich, wie Ihnen das zweite der dort aufgestellten Präparate zeigt, mit der ursprünglichen Giemsa-Methode gleichmässig chromatin roth. Solche typische Spirochaeten habe ich auch in Schnitten nicht allzu selten gefunden. Recht oft finden sich spirochaetenartige dünne Fäden mit und ohne Windungen in Schnitten und Ausstrichen, bei denen am einen Ende des feinen Fädchens eine knopfförmige Verdickung zu sehen ist. Neben diesen Spirochaeten finden sich, nur viel zahlreicher, kleine kommabazillenähnliche, einzeln oder zu zweien liegende Zellen, zu zweien recht häufig S-Form zeigend. Und endlich unregelmässig dreieckige Formen mit zwei ungleich langen, sehr zarten, zuweilen schraubenförmigen Fortsätzen an zwei

Ecken. An letzteren habe ich auch Andeutungen von Differenzirungen, ein kleines stärker gefärbtes Korn in der Nähe des Ansatzes der kleineren Geissel gefunden. Diese dreieckige Form halte ich für die Grundform des Vaccine-Erregers. Ich glaube, dass auch die häufigeren. eben als Kommaformen bezeichneten Gebilde eigentlich dreieckige Formen mit zartesten Fortsätzen darstellen, bei denen letztere nur wegen ihrer Feinheit wenigstens für mein Auge nicht erkennbar sind. Untersuchungen frischen lebenden Kalbspustelinhalts bei 2000facher Veigrösserung zwingen, wie gleich näher auszuführen, zu dieser Auffassung. Die oben zuerst erwähnten Spirochaeten halte ich nach einigen von mir gesehenen Bildern für der Länge nach zusammengelagerte „Kommas“, die vielleicht nur unter ungünstigen Bedingungen diese Aneinanderlagerung vollziehen. Die Grössenverhältnisse richtig anzugeben, ist recht schwierig, da zweifellos sehr verschieden grosse Gebilde vorhanden sind, was meiner Ansicht nach ebenfalls für Trypanosomen spricht. Unter den Kommaformen gibt es solche von unter $^1/_3$ μ Breite an der dicksten Stelle, etwa bis 1 μ Länge ist sichtbar. Die grösseren dreieckigen Formen mit zwei sichtbaren zarten Fortsätzen haben an der dicksten Stelle eine Breite von 1—1 $^1/_2$ μ, die Länge des Dreiecks ist ein wenig mehr, bis 2 $^1/_2$ μ, die Länge der äusserst feinen Fortsätze 2—4 μ. Wahrscheinlich sind sie in Wirklichkeit länger, denn ich habe besonders im lebenden Präparat den Eindruck gehabt, dass jenseits des sichtbaren Teils noch etwas vorhanden ist, das nur durch Wirbel in der Flüssigkeit sich andeutet.

Im lebenden Präparat finden sich also schwach lichtbrechende bewegliche kleine Formen reichlich, die zwar keine starke Lokomotion zeigen, obgleich einzelne ganz deutlich ihren Ort verändern. Bei längerer Beobachtung sieht man zweifellos trypanosomenartige Bewegungen, das eigenartige Zusammenschnellen und Verlängern des Körpers, den starken Verbrauch an Energie ohne entsprechende Fortbewegung. Bei diesen kleineren Formen vermag ich auch mit 2200facher Vergrösserung Fortsätze, die als Geisseln zu deuten wären, nicht mit Sicherheit zu erkennen. Wohl aber sieht man bei dieser Vergrösserung an den Enden

der Körperchen bezw. jenseits derselben recht häufig Wirbel entstehen, die auf für mich unsichtbare Teile hinweisen. Bei den grösseren dreieckigen Formen sind dagegen die Fortsätze als feine Fäden mit schwacher undulirender Bewegung auch im hängenden Tropfen selbst bei 1000facher Vergrösserung zu erkennen. Ich kann leider ein lebendes Präparat heute Abend nicht zeigen, da die heute Nachmittag noch deutliche Bewegung jetzt völlig erloschen ist, auch die sehr kleinen Formen sich zu einer Demonstration vor einer grösseren Versammlung kaum eignen. Um Ihnen indess die Art der Bewegung, freilich in's Grosse übertragen, vorzuführen, habe ich Ihnen hier noch ein Präparat mit lebenden Nagana-Trypanosomen aufgestellt (daneben ein gefärbtes).

Wenn Sie mich nun fragen, ob ich diese Gebilde, die also nach meinem Dafürhalten zweifellos Trypanosomen sind — denn ich halte diese drei Arten von Formen für zusammengehörig — für die Ursache der Vaccine ansehe, so gestehe ich, dass ich sehr geneigt bin, eine derartige Ätiologie anzunehmen. Sie wissen, dass Schaudinn vor einiger Zeit in den Arbeiten aus dem Kaiserl. Ges.-Amte eine Mitteilung über Spirochaetenbefunde bei Syphilis hat erscheinen lassen. In der letzten Nummer der deutschen med. Wochenschrift, die vor 5 Tagen ausgegeben ist, hat er die Zahl der Syphilisfälle, in denen er die gleichen Mikrobien gefunden, auf zwölf erhöht. Ich will nun freilich nicht behaupten, dass durch meine heutige Mitteilung die Spirochaetenätiologie der Vaccine bewiesen ist, zumal ich bisher nur aus drei verschiedenen Lymphen solche Befunde erhoben habe. Aber es werden sich doch, glaube ich, aus dieser Mitteilung gewisse Direktiven für einen künftigen Arbeitsplan ergeben. Man wird zunächst, da es M'c Neal und Novy gelungen ist, Trypanosomen zu züchten, noch einmal versuchen müssen, ob es nicht mit geeigneten Nährböden gelingt, trotz aller bisherigen Fehlversuche in dieser Richtung, Kulturen der soeben von mir beschriebenen Spirochaeten etc. zu erhalten. Sollte das gelingen, so dürfte eine Beweisführung in positivem oder negativem Sinne nicht zu den Schwierigkeit bereitenden Dingen

gehören. Aber auch, wenn die Kultur dauernd misslingt, wird man eine Aufklärung über die Bedeutung der von mir zuletzt beschriebenen Gebilde ebenso gut im Laufe der Zeit, durch Kontroluntersuchungen, die feststellen, ob sich solche Formen bei Vaccine immer finden und ob ihnen irgend welche charakteristische zur Differenzirung geeignete Merkmale anhaften, erwarten können, wie wir eine solche Aufklärung z. B. über die nicht züchtbaren Malaria-Erreger erhalten haben.

Es muss dahingestellt bleiben, ob die heute von mir zuerst demonstrirten wabigen Körperchen aus dem Schwämmcheninhalt der Kaninchenohren etwas mit den letzthin genannten Spirochaeten zu thun haben. Ich halte das nicht einmal für sehr wahrscheinlich. Ich würde aber erfreut sein, aus der Versammlung heraus gerade über diese erstbeschriebenen Formen und ihre etwaige Beurteilung etwas zu hören.

Herr J. Kiessling macht eine Mitteilung:

Über den Zusammenhang zwischen Blitzentladungen und Kondensationsvorgängen in der freien Atmosphäre.

Befinden sich in einer mit Wasserdampf gesättigten Luftmenge Wassertröpfchen, welche so klein sein können, dass sie unterhalb der Grenze der Sichtbarkeit als Nebel nicht erkennbar sind, so wird doch ein durch die vorhandene Temperatur, die Dampfspannung und die Krümmung der kondensierten Tröpfchen bedingter stationärer Zustand sich ausbilden können, bei welchem Verdunstung und Kondensation einander gleich sind, also in keinem dieser Vorgänge eine Änderung eintritt.

J. J. Thomson hat nun in seinen „Anwendungen der Dynamik auf Physik“ (1888) [S. 198 der deutschen Übersetzung] die Frage einer mathematischen Behandlung unterworfen, welche Veränderung in diesem Gleichgewichtszustand durch Elektrisierung hervorgerufen wird. Die Rechnung ergiebt, dass dadurch die Dampfdichte vermindert wird, so dass das Bestreben

des Dampfes sich auf der Flüssigkeit niederzuschlagen gesteigert wird. Thomson fügt diesen Betrachtungen die Bemerkung hinzu: „es ist denkbar, dass dieser Umstand bei der Bildung der grossen Regentropfen, die bei Gewittern niederfallen, mitwirkt.“

Einige Jahre vorher (1884) hatte sich auch Werner Siemens mit der Frage der elektrischen Entladung beim Gewitter beschäftigt. Die von ihm vertretene Anschauung hat Helmholtz in seinen Vortrag „über Wirbelstürme und Gewitter“ aufgenommen. Er sagt dort: „Erst wann die Wassermassen der Wolken zu herabstürzendem Regen vereinigt, einander so nahe gekommen, dass Funkenentladung von Tropfen zu Tropfen möglich wird, bilden sie einen gewaltigen Konduktor, in den nun auch aus dem Erdboden mächtige Funken, die Blitze, überschlagen können. Blitze sind in der Regel die Zeichen eines in dem Augenblick erfolgenden neuen heftigen Niederschlages; aber die Regenmasse, aus der sie sich entladen, braucht mehr Zeit um zur Erde zu kommen, als der elektrische Strahl. Erst einige Sekunden nach dem Blitz bemerken wir deshalb den verstärkten Regen, der ihn hervorgebracht hat.“ Nach Werner Siemens und Helmholtz ist also der Blitz die Folge stärkerer Kondensation, nach J. J. Thomson ist umgekehrt die stärkere Kondensation die Folge des Blitzes. Ende August 1904 habe ich am Vierwaldstätter See beim Ausbruch eines Gewitters Gelegenheit gehabt, den direkten Einfluss eines Blitzes auf die nachfolgende Kondensation unmittelbar zu beobachten. Die in der darauf sich beziehenden Mitteilung (Sitz.-Berichte d. Ges. zur Bef. d. gesammten Naturw. zu Marburg Nov. 1904) ausgesprochene Erwartung einer experimentellen Darstellung dieser Erscheinung hat sich bestätigt. — Zu diesem Zweck muss man in einem von Kondensationskernen sorgfältig befreiten, mit gesättigter Luft gefüllten Glasgefäss zunächst eine sehr geringe Übersättigung, die aber keine Nebelbildung zur Folge hat, durch eine geringe adiabatisch verlaufende Exhaustion hervorrufen. Ist dies geschehen und lässt man dann zwischen Elektroden die

mit nassem Fliesspapier überzogen sind, so dass die Möglichkeit des Losreissens von Metallteilchen ausgeschlossen ist, einen Induktoriumfunken (Funkenlänge 15 cm) überschlagen, so tritt, wie Herr Barkow nachgewiesen hat, sofort ein längs des ganzen Funkenweges bei heller Belichtung sichtbarer Nebelstreifen auf.

Dieser Fall von Kondensation durch direkte elektrische Einwirkung würde sich als dritter anreihen an die von R. von Helmholtz beobachtete Spitzenwirkung am Dampfstrahl. (Wied. Ann. 32 [1887]) und an die von Richarz und R. von Helmholtz beobachtete Wirkung des elektrischen Wechselfeldes (Wied. Ann. 40 [1890]; vergl. Marb. Berichte Nov. 1904).

In der jährlichen Geschäftssitzung vom 10. Mai erstattete der Vorsitzende, Herr M. Bauer, Bericht über die Tätigkeit und den Bestand der Gesellschaft im abgelaufenen Geschäftsjahre; er legte die Jahresrechnung vor, welche genehmigt wurde.

Die Vorstandswahl ergab das Resultat:

Vorsitzender: Geh. Reg.-Rat Max Bauer.

Mitglieder des engeren Ausschusses:

Professor E. Korschelt, stellvertretender Vorsitzender,
„ F. Schenck,
„ F. Richarz.

Aufgelegte Schriften:

Abhandlungen der naturf. Gesellsch. zu Nürnberg. XV. Bd. 2. Heft. Nürnberg 1904.

The american naturalist. XXXIX. Bd. Nr. 457. Boston, Jan. 1905.

Atti della R. Accademia dei Lincei. V. Ser. XIV. Bd. Nr. 1 und 3. Roma 1905.

Boletin del Cuerpo de ingenieros de minas del Peru. Nr. 5, 16, 17. Lima 1903/4.

XV. Congrès internat. de médecine. Bulletin. Nr. 5. Lisbonne.

Entomologisk Tidskrift. 25. Arg. Heft 1/4. Stockholm 1904.

Indice generale dei lavori 1737—1903 della R. Accademia delle scienze fisiche e matematiche. Napoli 1904.

33. Jahresbericht des Vereins f. Naturkunde zu Zwickau 1903. Leipzig 1905.

Katalog der Bibliothek der naturf. Gesellsch. zu Danzig. 1. Heft. Danzig 1904.

Leopoldina. 41. Heft. Nr. 1. Halle a. S. 1905.

Mittheilungen der mediz. Fakultät zu Tokio. V. Bd. Nr. 3. Tokio 1904.

Monthly list of publications. Nr. 509. Washington 1905.

Parergones del Instituto geologico de Mexico. I. Bd. Nr. 6. Mexico 1904.

Proceedings of the American Academy of arts and sciences. 38. Bd. Nr. 20—25 und 40. Bd. Nr. 10. 1903/4.

Rendiconto dell' Accademia delle scienze fisiche. III. Ser. 8/12 und III. Ser. 1. Heft. Napoli 1904/5.

Verhandlungen der ornithol. Gesellsch. in Bayern 1903. IV. Bd. (N. F. I). München 1904.

Smithsonian contributions to Knowledge. Part. of vol. 34. Washington 1904.

Nieuwe Verhandelingen van het Bataafsch Genootschap te Rotterdam. II. Bd. 6. Th. 1. Heft. gr. 8°. Rotterdam 1905.

Acta societatis pro fauna et flora fennica. 26. Bd. Helsingfors 1904.

The American naturalist. Nr. 458 460. Boston 1905.

Atti della R. Accademia dei Lincei 1905. XIV. Bd. Nr. 2. 4/8. Roma 1905.

Bergens Museum Aarsberetning 1904. Bergen 1905.

Bergens Museum Aarbog 1904. Bergen 1905.

6. Bericht des Klubs f. Naturkunde (1903/4). Brünn 1905.

19. Bericht des naturwiss. Vereins zu Passau (1903/4). Passau 1904.

Boletin del Cuerpo de Ingenieros de minas del Peru. Nr. 18/19. Lima 1904 und 1905.

Bulletin of the New York public library. IX. Bd. 2—4. New York 1905.

Bulletin de la societé imp. des naturalistes de Moscou 1904. Nr. 2/3. Moscou 1905.

Demografia anno 1901. La Plata 1904.

Fauna. Comptes-rendus. 14. Jahrg. 1904. Luxembourg.

Leopoldina. 41. Bd. Heft 2/3. Halle a. S. 1905.

Meddelandes af societas pro fauna et fennica. 30. Heft. 1903/4. Helsingfors 1904.

Memoirs de la société des naturalistes de Kiew. XIX. Bd. Kiew 1905.

Memoirs of the Manchester literary and phil. society 1904/5. Manchester, April 1905.

Parergones del Instituto geologico de Mexico I. 76. Mexico 1904.

Proceedings of the American Academy of arts. 40. Bd. Nr. 11—14.

Proceedings of the Davenport Academy. IX. Bd. Davenport 1904.

Proceedings of the American phil. society at Philadelphia. Nr. 174 und 178. Davenport 1903 und 1904.

Sars, G. O. An account of the Crustacea of Norway. V. Bd. 7/8. Bergen 1905.

Schriften des Vereins z. Verbr. naturwiss. Kenntnisse in Wien. 44. Bd. Wien 1904.

Schriften der naturforsch. Gesellsch. in Danzig. N. F. XI. Bd. 1/2. Danzig 1904.

Sitzungsberichte der medizinisch-naturwiss. Section des Siebenbürgischen Museumsvereins. XXV. Bd. II. Abth. Heft 3. XXVI. Bd. II. Abth. Heft 1—3. XXVI. Bd. I. Abth. Heft 1.

Smithsonian Miscellaneous collections. Nr. 1543/44 u. Nr. 1478. Washington 1904.

Stoll, H., Alkohol und Kaffee. 2 Ex. Leipzig 1905.

Transactions of the American phil. society at Philadelphia. XXI. Bd. N. F. I. Th. 4°. Philadelphia 1905.

Travaux scientifiques de l'université de Rennes. III. Bd. 1904. Rennes 1904.

U. S. geological survey Monographs. 45. Bd. (mit Atlas) und 46. Bd. geb. 4⁰. Washington 1903/4.

U. S. geological survey Monographs. 23. und 24. Bd. Annual report. 4⁰. geb. Washington 1902/3.

U. S. geological Mineral resources of the U. S. 1902. geb. Washington 1904.

U. S. geological Bulletin. Nr. 205/6, 208, 210, 215/18, 220, 223/24, ferner 226, 229, 233. Washington 1903/4.

U. S. geological Professional paper. Nr. 1–28 und Nr. 30/31, 33. 4⁰. Washington 1902/3.

Verhandlungen der Berliner medizinischen Gesellschaft aus 1904. XXXV. Bd. Berlin 1905.

Verhandlungen des botan. Vereins der Provinz Brandenburg. 46. Jahrg. 1904. Berlin 1905.

Verhandlungen der k. k. Reichsanstalt Wien. Jahrg. 1904. Nr. 16/18 und Jahrg. 1905. Nr. 1/2. Wien.

Bureau of Amer. Ethnology. Jahresreport 21 u. 22 (in 2 Bänden). geb. Washington 1903/4.

Casopis etc. 1904. Nr. 1/4. Praze.

Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society. Vol 21. Marz 1905. Nr. 1.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 5 Juni 1905

In der ordentlichen Sitzung vom 7. Juni sprach Herr Professor Disse:

Über die Vergrösserung der Eikammer bei der Feldmaus.

Es ist bekannt, dass nur bei einem Teil der Säugetiere der Embryo seine Entwickelung im Uteruslumen durchmacht. Bei Vertretern verschiedener Ordnungen, z. B. bei den Muriden und bei Cavia unter den Nagern, bei Erinaceus unter den Insectivoren, entwickelt sich das befruchtete Ei innerhalb eines Raumes, der gegen die Uterushöhle abgeschlossen ist und als „Eikammer" bezeichnet wird. Die Art, wie sich die Eikammer ausbildet, ist verschieden: während bei Cavia das Ei sich in die Uteruswand einfrisst, indem es das Epithel durchbohrt und in der Propria liegen bleibt, geräth bei den Muriden, auch bei Erinaceus, das Ei in eine Bucht der Uterusschleimhaut; diese schliesst sich gegen das Lumen des Uterus ab, das auskleidende Epithel geht zu Grunde, und das Ei liegt innerhalb der Uteruswand, vom Bindegewebe der Propria umgeben.

Auch das menschliche Ei macht seine Entwicklung in einer Eikammer durch, und deshalb gewinnt diese Einrichtung für uns ein besonderes Interesse. Da aber das vorliegende Material nicht erlaubt zu entscheiden, wie sich die menschliche Eikammer aus-

bildet, und auf welche Weise sie wächst, sind wir zunächst darauf angewiesen, durch Untersuchungen an Tieren uns über die Eikammer zu unterrichten; vielleicht gewinnen wir dabei eine Grundlage zur Beurteilung dieser Einrichtung, die eine sicherere Deutung der vom Menschen bekannten Befunde ermöglicht.

Von vornherein ist anzunehmen, dass die Eikammer, wo sie besteht, mindestens so rasch wachsen mus, wie das in ihr liegende Ei; wodurch aber ihr Wachstum beeinflusst wird, ist noch nicht Gegenstand einer besonderen Untersuchung gewesen. Ziemliche Verbreitung hat die Ansicht gewonnen, als ob das wachsende Ei den Platz, den es braucht, sich durch Lösung und Resorption mütterlichen Gewebes selbst schafft; das Ei zerstört das umgebende Gewebe des mütterlichen Organismus. Ob aber diese Ansicht einer genauen Prüfung Stand hält, ist noch die Frage; zunächst kommt es darauf an, einmal bei einer Spezies genauer die Frage zu prüfen, ob wirklich die Eikammer sich vergrössert durch aktive Tätigkeit des Eies, ob das mütterliche Gewebe sich dabei lediglich passiv verhält.

Bei der Feldmaus konnte ich eine derartige Prüfung vornehmen und will über die erreichten Resultate einstweilen kurz berichten.

Nur kurze Zeit bleibt das Ei der Feldmaus in unmittelbarer Berührung mit dem Gewebe der Decidua; wenn sich die Amnionhöhle ausgebildet hat, ein Ektoplacentarkonus vorhanden ist, und das Entoderm auf die Wand des Dottersackes sich zu erstrecken beginnt — Vorgänge die bei der weissen Maus auf den 6. und 7. Tag der Entwicklung fallen — hat das Ei etwas Spielraum innerhalb seiner Eikammer. Die Wände derselben sind durch einen Spalt vom Ei durchweg getrennt, die vielfach buchtigen wie ausgenagt erscheinenden Wandungen der Eikammer verlaufen durchaus nicht parallel der Wand des Eies, also dem Ektoderm des Dottersackes, und besonders an den Polen des elliptischen Eies reicht die Eikammer viel weiter, als das Ei selbst. Die nächste Umgebung der Eikammer zeigt sich durchsetzt mit unregelmässig begrenzten grösseren und kleineren Hohl-

räumen, die von den lacunären Blutgefässen wohl unterschieden sind, aber auch hie und da mit Bluträumen in Zusammenhang treten. Innerhalb der Eikammer liegt mütterliches Blut, das meistens direkt an das Ei herantritt. Sehr bemerkenswert ist nun die Anwesenheit sehr grosser Zellen innerhalb der Eikammer. Sie liegen, einzeln oder in Gruppen, meistens der Wandung an, und sind besonders zahlreich in den Buchten, auch sieht man sie vielfach innerhalb der Lücken, die die Eikammer umgeben. Alle diese Zellen haben einen grossen compakten Kern, viel Protoplasma, das aber keine deutliche Begrenzung zeigt, sondern eher sich allmählig verliert: wenn auch einzelne Zellen dem Ei dicht anliegen, so ist doch die grosse Mehrzahl ausser Verbindung mit dem Ei.

Ausser diesen grossen Zellen liegt vielfach eine feinkörnige Masse, eine Art von Detritus, in der Eikammer und den umgebenden Lücken; ferner trifft man hie und da Protoplasmamassen mit mehreren Kernen an, die frei in der Eikammer liegen. Da die Wände dieses Raumes vielfach aus solchen vielkernigen Massen bestehen, kann man sich leicht davon überzeugen, dass es sich um Rückbildungsstufen von decidualem Gewebe, um „Symplasma uterinum“ im Sinne von Bonnet (1) handelt. Die Decidua der Maus besteht nämlich wesentlich aus Zellen, die unmittelbar, wie in Epithelien, aneinander liegen; durch Zusammenfliessen derartiger Deciduazellen entstehen die mehrkernigen Protoplasmamassen.

Eine genaue Untersuchung über die Herkunft und die Bedeutung der erwähnten grossen Zellen hat nun ergeben, dass diese Zellen mütterlicher Herkunft sind; sie entstehen im ganzen Bereich der Decidua, näher und ferner von der Eikammer; sie wachsen zu ganz bedeutender Grösse heran, und nehmen, wo sie liegen, das umgebende Gewebe in ihr Protoplasma auf. Nur ein kleiner Teil bleibt da liegen, wo er entstanden ist; die Mehrzahl gelangt in die Blutbahn und wird zur Eikammer hin transportirt. Hier angelangt resorbiren die Zellen das mütterliche Gewebe, verdauen das Symplasma der Wand

der Eikammer, arrodiren die Wandung der Blutlacunen, fressen Lücken in die Decidua, die der Wand der Eikammer nahe liegt, und bewirken durch fortgesetzte Lösung der Decidua die beständige Vergrösserung der Eikammer. Sie sind also Phagocyten, und gehören ihrer Grösse wegen zu den „Makrophagen;“ ich will sie „deciduale Makrophagen“ nennen.

Die Begründung der aufgestellten Sätze soll das Folgende geben, das ich durch eine mit Abbildungen ausgestattete grössere Arbeit zu vervollständigen gedenke.

Schon zu einer Zeit, in welcher die abgefurchten Eier frei im Uterus angetroffen werden, also vor der Einnistung der Eier, sieht man in der Decidua hie und da sehr grosse Zellen. Sie sind kenntlich an einem kugligen, chromatinreichen, compakten Kern und einem dichten Protoplasma; sie übertreffen an Grösse um ein Vielfaches die nebenliegenden Zellen der Decidua. Vorwiegend liegen diese grossen Zellen in einiger Entfernung vom Uteruslumen (bis 0,2 mm) nahe der Wand lacunärer Blutgefässe; es hat den Anschein, als ob sie aus Zellen der Gefässadventitia hervorgegangen seien. Jedenfalls können sie nur mütterlicher Herkunft sein. In einem Gesichtsfeld des Mikroskops habe ich bei 80 facher Vergrösserung bis zu 3 derartige Zellen angetroffen; ihre Anzahl ist aber spärlich, bevor das Ei sich festgesetzt hat.

Während nun das Ei sich weiter entwickelt, und eine Eikammer sich ausbildet, vermehrt sich langsam die Anzahl derartiger grösser Zellen; die einzelnen Zellen erreichen ganz bedeutende Dimensionen. Die jüngste derartige Zelle besass z. B. einen Durchmesser von 0,028 mm, der Kern 0,020 mm; die Durchmesser der Zellen steigen rasch auf 0,036, die der Kerne auf 0,024 mm. In späteren Stadien sind die Zellen elliptisch, die Durchmesser nehmen zu auf 0,160 zu 0,128, die Kerne messen 0,072 zu 0,060 mm. Schliesslich erreichen derartige Zellen die enormen Durchmesser von 0,240 zu 0,160, die Kerne 0,120 zu 0,100 mm.

Man trifft, so lange das Ei die Eikammer ganz ausfüllt, nur spärlich derartige grosse Zellen in der Decidua zerstreut an,

etwas zahlreicher sind sie in der näheren Umgebung des Eies; hier vermehren sie sich beträchtlich, sobald die Ausbildung des Eies vorschreitet, etwa vom 7. Tage der Entwicklung an. In einer Dicke von 0,020 bis 0,025 mm ist die deciduale Wandschicht der Eikammer von neugebildeten decidualen Makrophagen durchsetzt, diese fressen, wo sie liegen, Lücken, arrodiren Blutgefässe, und bereiten so die Vergrösserung der Eikammer durch Lösung der Wand vor. Die ferner vom Ei gelegenen grossen Zellen sieht man in die Blutgefässe eindringen; einzelne liegen der Wand an, andere ragen zum Teil in die Lichtung hinein, andere endlich sind innerhalb von Gefässen gelegen. Da derartige Bilder in jeder Serie mehrfach angetroffen werden, so muss man schliessen, dass die Makrophagen der Decidua beständig in die Blutgefässe eindringen, und vom Blutstrom weiter transportirt werden. Bemerkenswert ist, dass die in den Blutbahnen liegenden Zellen weniger Volumen haben, als die noch im Gewebe festsitzenden; es scheint, dass die Abnahme des Volumens durch Austreten von Flüssigkeit aus diesen Zellen bewirkt wird. Die im Gewebe befindlichen Makrophagen sind stets von zahlreichen Vacuolen durchsetzt, oft ganz spongiös was auf grossen Saftreichtum hinweist, auch Zelltrümmer und Kernreste liegen in ihrem Protoplasma.

In den Blutlacunen nahe der Eikammer sind immer eine Anzahl von Makrophagen vorhanden; die peripheren Blutbahnen sind frei von ihnen; es werden also die Makrophagen zur Eikammer hin befördert und gelangen, wie man direkt beobachten kann, aus arrodirten Blutbahnen in die Eikammer selbst hinein. Die Eikammer ist der Sammelplatz für die decidualen Makrophagen, die in die Blutgefässe eingedrungen sind.

Eine genauere Betrachtung der Wände der Eikammer selbst, sowie ihrer näheren Umgebung lässt nun erkennen, dass hier Makrophagen beständig an der Entfernung mütterlichen Gewebes arbeiten. Einmal nehmen sie das Symplasma uterinum auf, das sich in der Nähe der Eikammer findet. Es ist nicht zu sagen, welche Einflüsse die Bildung des Symplasmas bewirken;

wir müssen uns mit der Thatsache begnügen, dass in der Umgebung des Säugethiereies stets mütterliche Zellen ihre Selbständigkeit verlieren und zu einem Symplasma zusammenfliessen. Das Symplasma wird nun bei der Maus von Makrophagen aufgenommen und in deren Protoplasma verdaut; dafür liefern sämmtliche Serien Beweise. Da die Makrophagen einkernig sind, und ihre Kerne ganz bedeutend viel grösser sind, als die Kerne des Symplasma, so kann man genau erkennen, ob sich Symplasma in einem Makrophagen befindet, und kann die zur Lösung bestimmten Kerne von dem Kern der verdauenden Zelle unterscheiden. Aber auch diejenigen Stellen der Eikammerwand, die frei von Symplasma sind, werden von den Makrophagen angegriffen und resorbirt; die Lücken, die sich dadurch bilden, sind von den Makrophagen eingenommen, und entsprechen in ihrer Form meist den Zellconturen.

Besonders an den Polen des Eies ist die Resorption von mütterlichem Gewebe eine lebhafte; hier erfährt die Eikammer ständig eine beträchtliche Vergrösserung An den Seitenwänden der Eikammer trifft man in den ersten Stadien, so lange noch ein gut entwickelter Ektoplacentarkonus da ist, die Makrophagen mehr einzeln; benachbarte Zellen berühren einander wohl, und die Grenzen sind nicht immer zu sehen. Nach und nach wird die Zahl der Makrophagen hier grösser; sie bilden eine ziemlich zusammenhängende Lage, die fast wie ein Epithel der Wand der Eikammer aufliegt. Zu der ersten Makrophagenschicht kommt eine zweite, eine dritte hinzu: dann umgeben concentrische Lagen sehr grosser Zellen das Ei und trennen es von der Decidua. Zwischen diesen Zellen liegen zahlreiche mütterliche Blutzellen, und die Zellen selbst sind voll von ihnen. Da nun am Ektoplacentarkonus vielfach die Makrophagenschicht an das fetale Ektoderm anstösst, kann Jemand, der die Herkunft dieser Zellen nicht von Anfang an verfolgt hat, auf die Idee kommen, sie seien von dem Ektoplacentarkonus gebildet worden; das hat auch Duval (2) angegeben. Man trifft zuweilen Makrophagen an, die dem Chorion unmittelbar anliegen; sie berühren

dann das Ektoderm mit breiter Fläche, und sehen wie stark vergrösserte, nach Aussen vorspringende Ektodermzellen aus. Das Protoplasma dieser Makrophagen zeigt eine Streifung; die Streifen stehen senkrecht auf der Ebene des Ektoderms. Es kann sich wohl nur darum handeln, dass die betreffenden Zellen flüssige Nahrung an das Ektoderm abgeben, und dabei in innige Berührung mit dessen Zellen treten.

Bekannt ist, dass auch bei dem menschlichen Ei im ersten Monat mehrkernige Plasmamassen zahlreich vorhanden sind, die frei in den intervillösen Räumen liegen, aber auch nicht selten den Zotten aufsitzen; entweder liegen sie der Zottenspitze an, so dass sie die Zotte verlängern, oder sie berühren mit breiter Basis den epithelialen Überzug der Seitenfläche. Man war meistens der Ansicht, dass es Teile des fetalen Syncytium sind, die sich von den Zotten loslösen; mir scheint es nötig, zu untersuchen, ob es sich nicht vielmehr um mütterliche Elemente handelt, die vorübergehend an das Zottenepithel herantreten.

Die äusserste Schicht der Makrophagen ist immer locker; sie liegt eigentlich innerhalb der Eikammerwand, die Zellen dringen gruppenweise in die Decidua vor, nehmen Zellen und Symplasma auf, und eröffnen Blutlacunen. Die Decidua wird also immer mehr verdünnt. Da jetzt das Ei beträchtlich zu wachsen anfängt, die Keimblätter sich ausbilden, eine Allantoisanlage sichtbar wird, und die Organanlagen nach einander auftreten, so nimmt die Eikammer Kugelform an; ihre deciduale Wand ist nur da dick, wo die Placenta sich ausbildet, im übrigen ist sie eine rasch sich verdünnende Membran, welche die Eikammer vom lumen des uterus trennt, und als decidua capsularis bezeichnet werden muss. Nicht die Dehnung, die die Decidua durch das wachsende Ei erfährt, ist die Ursache der raschen Verdünnung, sondern die fortgesetzte Resorption des Gewebes durch die Makrophagen.

Die Vergrösserung der Eikammer bis zu diesem Stadium, d. h. bis zum 9. Tage der Entwicklung wird im wesentlichen durch das Zusammenwirken von zweierlei Vorgängen herbei-

geführt. Einmal bildet sich an vielen Orten in der Umgebung der Eikammer, und besonders auch in der Wandung selbst ein Symplasma uterinum; das ist ein Stadium der Rückbildung der Decidua, welches die spätere Lösung begünstigt. Zweitens treten Makrophagen auf, die lediglich mütterlicher Herkunft sind und aus der Decidua stammen. Diese nehmen das Gewebe der Decidua in sich auf, und verdauen es; nicht nur die Symplasmamassen werden gefressen, sondern auch solche Partieen der Decidua, in denen die Zellen ihre Selbständigkeit bewahrt haben. Ebenso fallen die Wände der Blutlacunen der Zerstörung durch die Makrophagen anheim. Es handelt sich hier um eine physiologische Phagocytose in grösserem Maassstabe, die vielleicht dadurch verursacht wird, dass das Ei der Maus in der kurzen Zeit von 21 Tagen ganz bedeutend heranwächst und ausserordentlich viel Platz beansprucht, so dass die einfache Einschmelzung von decidualem Gewebe nicht hinreicht, den Platz zu schaffen. Der mütterliche Organismus trifft bei der Maus nicht nur alle Einrichtungen, die zum Schutz und zur Ernährung des Embryo notwendig sind: er sorgt auch dafür, dass der Embryo Platz für das Wachstum vorfindet. Die fetalen Gewebe, also besonders das Ektoderm, haben nur die Aufgabe, die bereit gestellte Nahrung zu resorbiren; sie sind aber nicht, wie vielfach angenommen wird, befähigt, das mütterliche Gewebe aufzulösen. Diese Leistung übernimmt der mütterliche Organismus.

Wenn nun dieser Satz auch für die Feldmaus aufgestellt werden muss, so müssen wir uns hüten, ihn ohne weitere Untersuchung auch für die andern Arten, bei denen eine Eikammer vorkommt, als gültig zu betrachten. Nur eine genaue Untersuchung jedes Einzelfalles kann darüber Aufschluss geben, wie sich die Eikammer einer bestimmten Species vergrössert. Mir ist es wahrscheinlich, dass dabei gerade so Unterschiede vorkommen, wie bei der Bildung der Eikammer selbst. Bei den Stadien von Cavia, die ich untersucht habe, konnte ich keine Phagocyten nachweisen, die mütterliches Gewebe auflösen; bei Erinaceus dagegen beschreibt Hubrecht (3) in der

Umgebung der Eikammer grosse, einkernige Zellen, in denen öfters Kernreste zu sehen sind, so dass es sich möglicherweise um Phagocyten handelt. Hubrecht, der diese Zellen „Deciduofrakten nennt, konnte ihre Herkunft nicht genauer verfolgen; er ist geneigt, sie auf gewucherte Endothelzellen der lacunären Blutgefässe zurückzuführen. Beim Menschen ist es zur Zeit unmöglich, ein sicheres Urteil über die Bildung und über die Vergrösserung der Eikammer abzugeben. Man trifft in der Decidua basalis und der Decidua capsularis jüngster menschlicher Eier neben Symplasmamassen mehrkernige, grosse Zellen an: in diesen sind vielfach einzelne Kerne in Degeneration, andere Kernreste liegen in Vacuolen, so dass die genannten Zellen als Phagocyten angesehen werden können. Es ist aber unmöglich, die Herkunft dieser Zellen von mütterlichen Elementen mit Sicherheit nachzuweisen, ihre Abstammung von fetalen Zellen dagegen auszuschliessen.

Bisher sind die vielkernigen Zellen für fetale Bildungen, z. B. selbständig gewordene Abteilungen der äusseren syncytialen Lage des Zottenepithels, gehalten worden; das Symplasma hat man vielfach für den Rest des Epithels der Eikammer erklärt. Mir scheint, dass diese Ansichten einer genauen Nachprüfung bedürfen, und dass es ebenso gut möglich ist, die fraglichen Gebilde seien lediglich deciduale Elemente. Die Entscheidung kann aber nur fallen, wenn das vorliegende Material an jüngsten menschlichen Eiern noch bedeutend vervollständigt worden ist.

Citirte Literatur.

1) Bonnet, Über Syncytien, Plasmodien und Symplasma in der Placenta der Säugetiere und des Menschen. Monatsschrift für Geburtshülfe und Gynäkologie, herausgegeben von A. Martin und A. v. Rosthorn, Bd. XVIII, 1903.

2) M. Duval, Le Placenta des Rongeurs. Troisième partie Journal de l'Anatomie et de la Physiologie. 27 année, 1891, Nr. 1.

3) Hubrecht, Studies in mammalian Embryology. Quarterly Journal of microskop. Science, vol. 30, part. III, 1889.

Aufgelegte Schriften:

Leopoldina. Heft XLI No. 4, 5. Halle. April, Mai 1905.

Kgl. Preuss. geol. Landesanstalt und Bergakademie Berlin.
Tätigkeits-Bericht pro 1904.
Arbeitsplan pro 1905.

Abhandlungen des naturw. Vereins zu Bremen. XVIII. Band 1. Heft. Bremen 1905.

Sitzungsberichte der physikal.-medicin. Societät zu Erlangen. 36. Band 1904. Erlangen 1905.

Jahresbericht über die Verwaltung des Medizinalwesens etc., herausgeg. vom ärztlichen Verein. XLVII. Jahrg. 1903. Frankfurt a. M. 1904.

50. bis 54. Jahresbericht der naturhistor. Gesellschaft zu Hannover für 1899—1904. Hannover 1905.

Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg in Pr. 45. Jahrg. 1904. Königsberg 1904.

32. Bericht der wissenschaftl. Gesellschaft „Philomathie" in Neisse 1902—1904. Neisse.

Sitzungsberichte der physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg 1904. No. 1 bis 10.

Verhandlungen der K. K. geol. Reichsanstalt 1905. No. 3—5.

56. Bericht der Lese- und Redehalle der deutschen Studenten in Prag 1904. Prag 1905.

Sitzungsberichte des Vereins „Lotos" in Prag 1904. N. Folge. XXIV. Bd. Prag 1904.

Mitteilungen des naturwissenschaftl. Vereins für Steiermark 1904. Graz 1905.

Mitteilungen des naturwissenschaftl. Vereins für Steiermark. Hauptrepertorium 1884—1903. Graz 1905.

Bergens Museums Aarborg 1905. 1ste Hefte. Bergen 1905.

Bergens Museums Aarborg 1904. Titelblatt und Register.

Öfversigt af Finska Vetenskabs-Societatens Förhandlinger XLVI. 1903—1904. Helsingfors 1904.

Bulletin de la société imperiale des naturalistes de Moscou 1904. No. 4. Moscou 1905.

Nouveaux mémoires de la société imperiale des naturalistes de Moscou. Tome XVI. Livr. 3 u. 4. Moscou 1901, 1905.

Atti della Reale Accademia dei Lincei. Rendiconti 1905. Vol. XIV. No. 9, 10, 11. Roma 1905.

Atti della Società Toscana di Scienze Naturali. Vol. XIV. No. 6, 7. 1904. 1905.

Rendiconto dell' Academia delle Scienze Fisiche e Matematiche. Vol. XI. Fasc. 2°, 3°. Napoli 1905.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 6 **Juli** **1905**

In der ordentlichen Sitzung vom 12. Juli widmete der z. Direktor Herr M. Bauer dem verstorbenen ordentlichen Mitglied, Johann Kiessling den folgenden Nachruf:

Meine Herrn! Ehe wir in die Tagesordnung der heutigen Sitzung eintreten, ist es meine schmerzliche Pflicht, Sie an den schweren Verlust zu erinnern, den unsere Gesellschaft seit ihrem letzten Zusammensein durch den Tod ihres ordentlichen Mitglieds, Johann Kiessling erlitten hat.

Geboren am 6. Februar 1839 zu Culm in Thüringen studierte er nach vollendeter Schulzeit und bestandener Abiturientenprüfung Mathematik und Physik. Er besuchte zu diesem Zweck von 1858 bis 1863 die Universitäten zu Göttingen, Halle und namentlich die zu Königsberg, wo er in Franz Neumann einen besonders hervorragenden Lehrer fand. Hierauf widmete sich der Verstorbene dem Lehrerberuf. Zuerst war er am Joachimsthal'schen Gymnasium zu Berlin thätig, siedelte 1867 an das Gymnasium in Flensburg über und wurde 1870 an die Gelehrtenschule des Johanneums zu Hamburg berufen. Hier wirkte er 33 Jahre, bis ihn 1903 eine Herzkrankheit nöthigte, sein Amt niederzulegen. Seine Thätigkeit an dieser Anstalt war eine sehr erspriessliche; dies fand dadurch eine äussere Anerkennung, dass ihm schon 1876 der Professortitel verliehen wurde. Neben seinem Lehrerberuf widmete er sich aber

auch noch wissenschaftlichen Untersuchungen, namentlich über Dämmerungserscheinungen, insbesondere die abnorm starken, welche nach dem im Jahre 1883 erfolgten Ausbruch des Vulkans Krakatau beobachtet wurden. Zur Herausgabe dieses wichtigen Werkes gewährte ihm die Berliner Akademie eine Unterstützung und die philosophische Fakultät der Universität Greifswald drückte ihm daraufhin durch die Ernennung zum Doktor der Philosophie honoris causa ihre Anerkennung aus.

Seit seiner Pensionierung im Jahre 1903 lebte Kiessling in Marburg. In demselben Jahre wurde er ausserordentliches, im folgenden ordentliches Mitglied unserer Gesellschaft, an deren Sitzungen er sich mit regem Eifer betheiligte und der er die Resultate seiner auch hier fortgesetzten wissenschaftlichen Forschungen stets vorzutragen pflegte. In diesen hat ihn auch in der letzten Zeit die Gesellschaft noch mit ihren Mitteln unterstützt.

Bei dem ruhigen Leben in unserer Stadt schien sich das alte Leiden des Verstorbenen immer mehr zu bessern. Die Hoffnung auf Genesung war jedoch trügerisch; am 22. Juni d. J. machte ein Herzschlag diesem ganz der Arbeit und der Wissenschaft geweihten Leben ein unerwartetes plötzliches Ende. In unserer Gesellschaft wird das Andenken dieses fleissigen und eifrigen Mitglieds stets in Ehren gehalten werden. Ich fordere Sie auf, sich zu Ehren des verblichenen Kollegen von Ihren Sitzen zu erheben.

In derselben Sitzung sprach Herr A. Schwantke über:

Weitere Beobachtungen an dem protogenen basaltischen Augit und über den Bastit.

In einer früheren Sitzung (diese Berichte 1904 No. 7) wurden vom Verf. einige Beobachtungen an protogenen Augiten mitgeteilt und dabei auch auf gewisse Beziehungen zwischen den Verwachsungen dieser Pyroxene und der Diallagstruktur hingewiesen. Der Verfasser hat diese Erscheinung seitdem an einer Anzahl weiterer Vorkommen untersucht.

Die Erscheinungen der Zwischenzone zwischen rhombischem Kern und monoklinem Augitzaun (a. a. O. pag. 112 Ziffer 14) machen einen Zerfall der rhombischen Augitsubstanz in verzwillingte Partikel von monoklinem Augit wahrscheinlich, der nicht aus einer Einschmelzung und Wiederausscheidung aus dem Basalt zu erklären ist. Es wurde deshalb untersucht, ob ein solcher Zerfall des rhombischen Augit auch an Körnern eines Olivin-Pyroxen-Knollens zu beobachten ist, die nicht in unmittelbarer Berührung mit dem basaltischen Schmelzfluss gestanden haben, analog wie solche Körner auch die Erscheinung des Angegriffenseins (a. a. O. p. 111 Ziffer 7) zeigen können. Speziell wurden auch gerade solche Vorkommen besonders beachtet, die dieses Angegriffensein erkennen liessen. Es finden sich in protogenen rhombischen Pyroxenkörnern nicht selten Lamellen von monoklinem Augit eingelagert, deren Auftreten und Form durch die Annahme einer primären Verwachsung etwas schwer erklärt werden kann. Sollte nun ihre nachträgliche Entstehung aus dem Bronzit heraus angenommen werden, so war es im Hinblick auf die Erscheinungen bei der Augitzaunbildung von Interesse, zu untersuchen, ob sich an solchen eingelagerten Lamellen auch jene Zwillingsstellung der monoklinen Substanz bei gleichzeitiger Orientierung zur rhombischen beobachten lässt.

Es ist in der Tat gelungen derartige zwillingslamellierte Partien im Inneren von rhombischen Pyroxenkörnern zu konstatieren. Das interessanteste Präparat lieferte ein Olivin-Pyroxen-Knollen aus dem Basalt des Staufenberges bei Lollar. Es treten hier im rhombischen Bronzit (der zugleich ein randliches Angegriffensein erkennen lässt) sehr dünne, meist unregelmässig begrenzte Partien auf, die ganz nach Art der Plagioklase aus feinen Zwillingslamellen bestehen, deren Zwillingsgrenze der Auslöschung des rhombischen Korns parallel geht. Solche Einschaltungen sind auch im gewöhnlichen Lichte (namentlich wenn man bei gekreuzten Nicols darauf aufmerksam geworden ist) durch etwas dunklere Färbung zu bemerken. Diese Lamellen

liegen zum Teil am angegriffenen Rande, zum Teil in der Mitte, so dass an die Zufuhr irgend welcher Stoffe von aussen nicht wohl gedacht werden kann, während andererseits eine primäre Verwachsung von rhombischem mit monoklinem Augit in dieser Weise schwer zu erklären und an anderer Stelle auch noch nicht beobachtet ist.

Gegen die Annahme einer direkten Umwandlung von rhombischem in monoklinen Pyroxen sind vor allem chemische Bedenken erhoben worden und es ist insbesondere betont worden, dass dazu eine Zufuhr von Kalk notwendig ist. Die in den rhombischen Pyroxenen vorkommenden Metasilikate von Eisen und Magnesia kristallisieren beide rhombisch und sind deshalb in beliebigen Mengenverhältnissen isomorph mischbar, während das entsprechende Kalksilikat monoklin kristallisiert. Es ist deshalb die Kristallform der isomorphen Mischungen des Kalksilikats mit dem Magnesia- und Eisensilikat gleichfalls monoklin. Die Analysen der rhombischen protogenen Augite zeigen einen geringen Kalkgehalt, den man (neben der fast stets auch vorhandenen Tonerde) für solche monokline Augiteinlagerungen deuten könnte. Im Falle einer sekundären Umwandlung ohne eine Addition von aussen würden wir uns dann vorstellen können, dass die ursprüngliche isomorphe Beimengung des Kalksilikates im Bronzit einen labilen Gleichgewichtszustand darstellt, und so zur Herausbildung der sekundären Interpositionen führen konnte.

Eine solche Hypothese wäre nicht neu. Sie ist für eine andere wichtige Mineralgruppe bereits aufgestellt worden. R. Brauns[1]) hat die Umwandlung des Orthoklas in Mikroklin auf solche Weise dadurch erklärt, dass durch die isomorphe Mischung von monokliner Kalifeldspatsubstanz mit trikliner Albitsubstanz die Kristallform des natronhaltigen Orthoklas mit labiler Gleichgewichtslage ausgestattet ist, infolge deren sie später eine Umwandlung in die trikline Kristallform des Mikro-

1) R. Brauns, Die optischen Anomalien der Krystalle. Leipzig 1891. 132—149.

klin erfahren kann. In unserem Falle wäre die isomorphe (metastabile) Mischbarkeit des Kalksilikates mit dem Magnesia-Eisensilikat eine wesentlich geringere als zwischen Kali- und Natronfeldspat, so dass sich viel häufiger die primären Verwachsungen von rhombischer mit monokliner Augitsubstanz bilden werden als solche labile Mischungen.

Der Verfasser ist auf die hier vorliegenden Fragen durch seine Arbeiten über basaltische Gesteine geführt worden und es wurde deshalb mit besonderer Absicht versucht, zunächst die Frage an diesem engeren aber darum einheitlicheren Material möglichst vollständig zu untersuchen. Es lässt sich nun wohl sagen, dass auch bei fortgesetzten Studien sich zwar vielleicht weitere interessante Beobachtungen aber wohl kaum weitere entscheidende Momente ergeben würden.

Ein weit grösseres und darum ergiebigeres Beobachtungsfeld liefert schon das Studium der ganzen Reihe der Gesteine der Gabbrogruppe. Wir haben hier den Vorteil, diese Mineralien nicht nur in ganz frischen, sondern auch in den älteren Gesteinen zu beobachten, was gerade für die Frage der Umwandlungsvorgänge von grosser Wichtigkeit ist. Demgemäss ist auch der Verfasser dazu übergegangen, die an den basaltischen Pyroxenen gemachten Beobachtungen durch das Studium der entsprechenden Erscheinungen in anderen verwandten Gesteinen weiter zu verfolgen.

Es war von Interesse, mit den frischen basaltischen Olivin-Pyroxenfelsen die umgewandelten Harzburgite insbesondere das Gestein von der Baste zu vergleichen. Die Umwandlung des rhombischen Augit ist hier in verschiedenen Stadien zu verfolgen und seine Struktur bietet ebensoviel Probleme, wie die des monoklinen Diallag der Gabbrogesteine.

Es ist auffallend, dass der merkwürdige Bastit seit den älteren Arbeiten von Websky, Streng, Tschermak u. A. eigentlich in neuerer Zeit mit den uns heut zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln keine eingehendere Untersuchung mehr erfahren hat. Was wir bisher von ihm wissen, ist recht rätselhaft. Der

B a s t i t gilt allgemein als eine Umwandlung von Enstatit in Serpentin. „Bastit oder Schillerspat heisst die vollendete Pseudomorphose von Serpentin nach rhombischen Pyroxenen“ (Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie, Bd. 1, II. Hälfte 150. 1905). Dazwischen steht ein noch pyroxenisches Stadium, das Hausmann D i a k l a s i t (Diaklas Breithaupt), Streng P r o t o b a s t i t nannte. Seine Abgrenzung ist sowohl nach der einen als nach der anderen Seite sehr unsicher. Nach der gewöhnlichen Auffassung ist er ein rhombischer Augit mit abweichender Orientierung der Elastizitätsachsen, die man als den Beginn der Umwandlung zu Bastit deutet, während andererseits „dieses Produkt der beginnenden Umwandlung kaum sicher von Bastit zu trennen ist.“ (Rosenbusch a. a. O.). Die Umwandlung ist begleitet von einem Sinken der Härte und des specifischen Gewichtes. Für dieses rätselhafte Zwischenstadium wird gewöhnlich der Strengsche Name Protobastit gebraucht, es ist aber wohl richtiger mit Rosenbusch den Hausmannschen Namen Diaklasit beizubehalten, da Streng später seine Benennung zurückgezogen hat, und diese dann sinngemäss für die noch vorhandenen Reste von wirklichem Enstatit zu verwenden, wenn sie nicht überhaupt zu streichen ist. Einen besonderen Namen für das pyroxenische Umwandlungsprodukt beizubehalten ist durchaus berechtigt, da es nicht, wie Weinschenk will (Die gesteinsbildenden Mineralien 1901. 98) einfach als Gemenge von Serpentin mit Resten von Augit erklärt werden kann. Dass das Material tatsächlich ein Pyroxen ist, geht aus den Strengschen Analysen (Neues Jahrb. f. Min. 1862. 528) deutlich hervor.

Als Charakteristikum für den Diaklasit wird ausser der Teilbarkeit und dem bezeichnenden Glanze besonders noch eine faserige Beschaffenheit längs der *c*-Achse angegeben, die man wohl als beginnende Umwandlung zu Bastit deutet. Die Untersuchungen des Verf. haben nun ergeben, dass diese Faserung des Diaklasit (und ebenso dann wohl auch die Teilbarkeit) a u f e i n e m l a m e l l a r e n A u f b a u a u s m o n o k l i n e n L a m e l l e n b e r u h t. Die Lamellen sind äusserst fein, aber in geeigneten

Schnitten sicher zu erkennen, ebenso wie die schiefe Auslöschung, die in den abwechselnden Lamellen deutlich symmetrisch zur Zwillingsgrenze vorläuft. Die betreffenden Schnitte (parallel *c* und senkrecht zur Teilbarkeit) zeigen auch ganz wie die Plagioklasschnitte der symmetrischen Zone die gleichmässige Beleuchtung bei einer Drehung um 45⁰ gegen die Richtung der *c*-Achse. Der Winkel der Auslöschung ist etwas geringer als der des gewöhnlichen monoklinen Augit, wie dies auch bezüglich der beschriebenen lamellierten Einschlüsse im Bronzit vom Staufenberge zu bemerken ist. Daneben ist aber auch der gewöhnliche sehr schief auslöschende monokline Augit vorhanden, von den ebenerwähnten monoklinen Lamellen deutlich zu unterscheiden und mit ihnen in orientierter Verwachsung. Ja sogar das Analogon zu der Verwachsung des monoklinen Augit nach Art eines Augitzaunes, wie es Verf. aus einem Olivinfels von Amöneburg beschrieben hat, ist vorhanden. Die Beobachtungen am umgewandelten Enstatit von der Baste bieten also eine interessante und wichtige Bestätigung der vom Verfasser an basaltischen Augiten studierten Erscheinungen.

Es sollen nunmehr die Untersuchungen des Verfassers an der Hand der dazu notwendigen Abbildungen in einer zusammenfassenden Arbeit im Neuen Jahrbuch für Mineralogie mitgeteilt werden.

Hierauf machte Herr C. Ochsenius einige Mitteilungen im Anschluss an seinen Vortrag von 1903:

Über unsere Kalisalze.

Bei den vermittelst Diamantkrone unternommenen Tiefbohrungen zur Feststellung der Lagerungsverhältnisse der Kalibetten kommt es zuweilen vor, dass man sich auf Grund der an dem Bohrkern sichtbaren Schichtung über die Richtung des Einfallens der Schichten orientieren muss. Das geschieht in

der Weise, dass eine Boussole am untern Ende des Bohrgestänges angebracht wird, deren Nadel zu einer gegebenen Zeit, nach dem man 1—2 m gebohrt hat, durch ein Uhrwerk arretirt wird. Nach dem Aufholen des sich immer etwas drehenden Gestänges bringt man den Kern in diejenige Lage, die durch die nicht mehr arretirte Nadel angezeigt wird, d. h. man hat dann den Kern genau so orientirt wie er unten im Bohrloch gesessen hat.

Die Anwendung des ad hoc construierten Instrumentes, des Stratameters, schliesst jedoch nur selten die Notwendigkeit von Controllbohrungen aus, weil seine Angaben fast nie auf weite Erstreckungen für die Lagerungsverhältnisse massgebend sind.

Weiter ist es oft von Interesse, die Temperatur in der Tiefe eines Bohrlochs zu bestimmen. Aber eine Thermometerbeobachtung beanspruchte bisher durch Einlassen und Aufziehen des den entsprechenden Apparat bergenden Gestänges recht viel Zeit und Arbeit mit erheblichen Kosten (jede 10 m des Gestänges verlangen an 5 Minuten für Einlassen und Aufziehen, und dabei Tätigkeit des gesamten Personals, Dampfmaschinenbetrieb u. s. w.).

H. Thumann in Halle a. d. S. hat nun ein Verfahren erfunden, bei dem jeder Zeit- und Geldaufwand wegfällt. Die Thumann'sche Methode ist folgende: Ein oben offenes schräg abgeschnittenes Quecksilber-Thermometer steckt wohlverwahrt in einer cylindrischen, oben rundlich konisch zugespitzten, also zuckerhutähnlichen Hülse, die einen geringern Durchmesser hat, als die gerade in Tätigkeit tretende Diamantbohrkrone.

Die Thermometerhülse wird einfach nach dem Aufholen des Gestänges in das (mit Spülwasser angefüllte) Bohrloch geworfen, sinkt langsam unter und setzt sich unten auf das Gestein oder den dieses bedeckenden Schlamm auf, hat während des Einlassens des Gestänges reichlichst Zeit, die Temperatur der Umgebung anzunehmen und wird dann von der von oben herabkommenden Bohrkrone eingeschachtelt. Diese in Bewegung (bis

150 Umdrehungen in der Minute) producirt einen Steinkern, dessen Länge man oben leicht bestimmen kann, und bricht ihn zum Aufholen ab. Mit ihm gelangt also die Hülse mit dem Thermometer oben an das Tageslicht. Das Instrument wird dann in Wasser gesetzt, das man so lange erwärmt bis das Quecksilber gerade ausfliessen will, und die Wassertemperatur gibt genau die Wärmegrade an, die unten das Quecksilber zum Ausfliessen gebracht haben.

Der Vortragende selbst hat einen sehr einfachen Solheber erfunden, der dazu dient, aus jeder bestimmten Stelle in einem Bohrloch die angetroffene Sole unvermischt heraufzubringen.

Der Kork einer Glasflasche wirk senkrecht durchbohrt und mit einem Zuckerpfropfen verschlossen.

Man lässt die (am besten mit Ton) unten beschwerte Flasche bis zu der Solstelle und erwartet das Aufsteigen der Luft aus der Flasche, deren Zuckerschluss selbst von concentrirtester Salzsole noch gelöst wird. Beim Aufziehen kann keine weitere Flüssigkeit in die volle Flasche treten, die geringe Menge gelösten Zuckers ist sehr unbedeutend und kann erforderlichenfalls durch Fehlingsche Lösung leicht genau bestimmt werden.

Des weitern berichtete Ochsenius über das Antreffen der Kalischichten in der Gegend von Fulda nnter Buntsandstein.

Die thüringensche Nebenbucht des grossen norddeutschen Zechsteinbusens enthält zwei Kalihorizonte, die durch etwa 60 m mächtiges Steinsalz getrennt sind.

Bisher nahm man an, dass die Gegend des Rhöngebirges die westliche Grenze der Bucht sei; nun hat sich ergeben, dass die tertiäre Basaltmasse der Rhön jene in zwei Teile getrennt hat. An 100 Quadratkilometer Kaliterrain sind um Neuhof zwischen den Gemarkungen Flieder, Oberbimbach, Pfaffenrod und Karzell südlich von Fulda durch Tiefbohrungen nachgewiesen.

Lagerungsverhältnisse, Mächtigkeit und Qualität der Salze entsprechen ganz denen im Osten der Nebenbucht.

Leider ist die Aussicht auf weitere Aufschlüsse, welche für die arme Bevölkerung jenes Teiles des Hessenlandes eine wohlverdiente Wohltat wäre, durch die kürzlich decretirte Mutungs sperre abgeschnitten.

Somit wird die Versorgung von Südwestdeutschland an Düngesalzen fast ausschliesslich den thüringenschen Werken zufallen, wobei die preussisch gewordenen frühern kurhessischen Landesteile leer ausgehen.

Sodann demonstrirte Herr F. Richarz zuerst die von dem inzwischen verstorbenen Mitgliede Joh. Kiessling in der Sitzung vom 10. Mai beschriebene **Kondensation in übersättigten Wasserdampf durch eine einzelne Funkenentladung** (s. diese Sitz. Ber. oben pag. 57). Der Versuch ist von Herrn E. Barkow ausgeführt worden. In Anknüpfung an diese Demonstration erwähnt der Vortragende, dass er schon bei der Discussion „über die weiteren Kondensationsversuche" von Herrn Joh. Kiessling in der Januarsitzung der Gesellschaft darauf hingewiesen habe, wie das Vorkommen ungeladener Tröpfchen bei der durch elektrische Processe hervorgerufene Kondensation von Wasserdampf erklärbar sei. Chemisch aktive, isolierte Sauerstoffatome O_1, deren mehr als momentane Existenz schon Robert von Helmholtz und ich behauptet haben [vergl. L. Grätz, Ber. d. Deutsch. Physik. Ges., Sitz. v. 17. II. 1905, pag. 84], könnten sehr wohl auch elektrisch neutral sein, indem sie in dem ionisirten Gase durch Vereinigung eines positiven Sauerstoffatomions [O^{+}_{+}] mit zwei freien negativen Elektronen entstehen. Solche aktiven Sauerstoffatome könnten dann durch „chemische Erschütterung" in dem Sinne von Robert von Helmholtz und mir (Wied. Ann. **32**, p. 1. 1887; **40**, p. 161. 1890) die Auslösung der Kondensation veranlassen.

Sodann erläuterte Herr F. Richarz die Darstellung verschiedener Fälle von **Isothermen** auf **Platten** vermittels der beiden thermoskopischen Substanzen Jodkupfer- und Jodsilber-

Jodquecksilber. Diese Demonstrationen sind ausgegangen von denjenigen der „Brechung von Isothermen", welche der Vortragende der Gesellschaft in der Sitzung vom 25. Juni 1902 gezeigt hat. (S. auch Naturw. Rdsch. **17**, Nr. 38, 18. September 1902). Von den neuen Darstellungen ist im hiesigen Institut ein Fall bereits i. J. 1903 von Herrn C. Seargent ausgearbeitet worden, die übrigen Fälle von Herrn Otto Hess, welcher dieselben vorführte. Seine Inauguraldissertation enthält die ausführliche Beschreibung.

Schliesslich berichtete Herr F. Richarz über die im Institut als Doktorarbeit von Herrn Rob. Thomas ausgeführte Bestimmung der spezifischen Wärme von Helium, die schon in den „Folgerungen aus der Theorie des Gesetzes von Dulong und Petit" in diesen Sitz. Ber. vom 13. Juli 1904 (pag. 61) erwähnt wurde, und knüpfte daran folgenden Vortrag:

Ueber den Beweis der Einatomigkeit eines Gases aus der direkten Bestimmung seiner Molekularwärme.

Es könnte aus der Dissertation von Herrn Rob. Thomas vielleicht das Missverständnis entstehen, als ob die Bestätigung des Wertes 3 für die Molekularwärme nicht ein selbständiger Beweis für die Einatomigkeit der Heliummolekeln wäre, sondern nur eine Consequenz des von Sir William Ramsay gefundenen Wertes 5/3 für das Verhältnis $k = c_p/c_v$ der beiden specifischen Wärmen. Nun hat sich Herr Rob. Thomas, entsprechend der Entstehungsgeschichte seiner Arbeit, in ihr an diejenige theoretische Herleitung des obigen Wertes der Atomwärme 3 eines einatomigen Gases angelehnt, welche ich in meinen Arbeiten[1]) über die Theorie des Gesetzes von Dulong und Petit gegeben habe. Deshalb möchte ich hier auch noch jenen Wert in einer solchen, direkteren Weise theoretisch ableiten, dass es mit Ausschluss der Möglichkeit jenes Missverständnisses einfach erkennbar

---

1) Wied. Ann. **48**, p. 708, 1893; **67**, p. 704, 1899. Limpricht-Festschr. Greifswald 1900. Naturw. Rdsch. **9**, p. 221, 237, 1894; **15**, p. 221, 1900.

wird, wie der durch die Versuche des Herrn Rob. Thomas ermittelte Wert für die Molekularwärme des Helium einen unabhängigen Beweis für die Einatomigkeit der Heliummolekeln bildet. Jede einzelne der folgenden Erörterungen geht von principiell bekannten Beziehungen aus; die Combination zum erwähnten Beweis ist neu.

Aus dem direkt experimentell ermittelten Werte von c_p für irgend ein Gas folgt bekanntlich c_v für dasselbe rein aus der Thermodynamik nach der Formel:

$$J \cdot (c_p - c_v) = R$$

(vergl. z. B. Helmholtz, Vorlesungen, VI. pag. 185), wo J das mechanische Wärmeäquivalent $= 424$ Kilogrammmeter $\times$ Schwere g. Für die Gasconstante R (s. ebenda pag. 196, Anm. d. H.) gilt:

$$R = \frac{848{,}5}{M} \times g,$$

wo M das Molekulargewicht des betreffenden Gases. Also ganz allgemein:

$$c_p - c_v = \frac{848{,}5}{424 \cdot M} = \frac{2{,}001}{M}.$$

Das Molekulargewicht eines Gases wird nun, ebenfalls vollkommen frei von der Annahme, ob eine Molekel aus einem oder mehreren Atomen besteht, nach dem Gesetz von Avogadro durch Wägung direkt ermittelt; und so findet sich ganz allgemein die Molekularwärme eines Gases aus M und c_p:

$$M \cdot c_v = M \cdot c_p - 2{,}001.$$

Ausserdem folgt aber ein Wert für die Atomwärme aus der kinetischen Gastheorie bei der Annahme, dass die Molekeln aus nur je einem Atom bestehen. Diese Ueberlegungen knüpfen an Helmholtz, Vorlesungen, VI, pag. 405 an. Bezeichnen wir mit L_p die lebendige Kraft der Progressivbewegung der im Volumen v der Masseneinheit enthaltenen Molekeln, so ist bei einem einatomigen Gase die innere Energie $U = L_p$, da intramolekulare Energie nicht in Betracht kommt. Ferner ist allgemein:

$$L_p = \frac{3}{2} pv$$

und also für ein einatomiges Gas:

$$U = \frac{3}{2} pv,$$

wobei die innere Energie als gleich Null beim absoluten Nullpunkt der Temperatur angesehen wird, dabei aber auch noch einen constanten Wert haben könnte, der aber von der Temperatur unabhängig sein müsste und für L_p nicht in Betracht käme. Die spezifische Wärme c_v misst den Zuwachs der inneren Energie pro Grad Temperaturerhöhung; es ist mithin:

$$U = J \cdot c_v \cdot \vartheta$$

und für ein einatomiges Gas also:

$$J \cdot c_v \cdot \vartheta = \frac{3}{2} pv$$

oder

$$J \cdot c_v = \frac{3}{2} \cdot \frac{pv}{\vartheta}$$

Es ist (pv/ϑ) nach der Definition die Gasconstante R und also im Allgemeinen wie oben $= (848{,}5/M) \times g$. Bei einem einatomigen Gas wird M gleich A, dem Atomgewicht. Wenn wir auch wieder für J seinen Wert einführen, wird bei einem einatomigen Gase:

$$\underline{A \cdot c_v} = \frac{3}{2} \cdot \frac{848{,}5}{424} = \underline{3{,}002}$$

und diese Ableitung hat von dem Werte des Verhältnisses $(k = c_p/c_v)$ der beiden spezifischen Wärmen keinen Gebrauch gemacht.

Wenn daher für ein Gas aus spezifischer Wärme c_p und aus Gasdichte folgt, dass die nach der zuerst abgeleiteten Gleichung:

$$Mc_v = Mc_p - 2{,}001$$

berechnete Molekularwärme $M \cdot c_v$ den Wert von nahezu 3 hat, so folgt vollkommen selbständig aus der soeben abgeleiteten Gleichung $(A \cdot c_v = 3{,}002)$, dass

$$M = A$$

ist, d. h. dass eine Molekel aus nur je einem Atom besteht.

Herr Rob. Thomas hat direkt experimentell bestimmt für Helium $c_p = 1,250$. Nach Sir W. Ramsay ist für Helium, ohne Hypothese, aus der Gasdichte bestimmt, das Molekulargewicht $= 3,96$[1], wobei dahingestellt bleibt, aus wieviel Atomen je eine Molekel besteht. Also wird für Helium:

$$M \cdot c_p - 2,001 = 3,96 \times 1,250 - 2,001 = 2,949$$

also in der Tat bewiesen, dass die Heliummolekel einatomig ist, in Uebereinstimmung mit der aus $k = c_p/c_v$ von Sir W. Ramsay gezogenen Schlussfolgerung.

Für Argon hat Wilh. Dittenberger in seiner Hallenser Inauguraldissertation (1897) $c_p = 0,1233$ bestimmt. Das Molekulargewicht von Argon ist nach Ramsay $= 39,92$[1]; es folgt für Argon:

$$M \cdot c_p - 2,001 = 39,92 \times 0,1233 - 2,001 = 2,922,$$

ebenfalls also in Uebereinstimmung mit Ramsay die Einatomigkeit der Argonmolekel beweisend.

Aufgelegte Schriften:

Transactions of the Wisconsin Academy. Vol. XIV. Pt. II. 1903. Madison 1904.

University of Montana. Annual Report 1903—1904.

Memoirs of the Boston Society of Natural History. Vol. V. No. 10, 11, Titelblatt; Vol. VI. No. 1. Boston 1904. 1905.

Proceedings of the Boston Society of Natural History. Vol. XXXI. No. 2—10, Titelblatt; Vol. XXXII. No. 1, 2. Boston 1903. 1904.

Occasional Papers of the Boston Society of Natural History. VII. 1, 2, 3. Boston 1904.

Price List of Publications of the Boston Society of Natural History. Boston 1904 Febr.

---

1) F. Kohlrausch, Lehrbuch d. prakt. Physik, 1905, pag. 624.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 7 **November** **1905**

In der ordentlichen Sitzung vom 8. November widmete der Director, Herr M. Bauer dem verstorbenen Ehrenmitgliede der Gesellschaft Albert von Kölliker den folgenden Nachruf:

Meine Herren!

Am Nachmittag des 2. November d. J. starb zu Würzburg im Alter von 88 Jahren der Geheimrath und Professor Dr. Albert v. Kölliker, einer der verdientesten und berühmtesten Anatomen und Histologen unserer Tage. Gleichzeitig haben wir in dem Entschlafenen das älteste Ehrenmitglied unserer Gesellschaft verloren. Kölliker ist seiner Abstammung nach ein Schweizer. Er wurde am 6. Juli 1817 in Zürich geboren. In seiner Vaterstadt, sodann in Bonn und Berlin widmete er sich 1836—1841 dem Studium der Medizin, habilitierte sich 1843 als Privatdozent an der Universität Zürich und wurde daselbst im Jahre 1844 ausserordentlicher Professor der Physiologie und der vergleichenden Anatomie. 1847 folgte er einem Ruf als ordentlicher Professor nach Würzburg, wo er zunächst dieselben Fächer, von 1849 ab auch die Anatomie vertrat. 1866 legte er die physiologische Professur nieder und beschränkte sich in seiner Lehrthätigkeit auf Anatomie, Histologie und Entwicklungsgeschichte. 1902 trat er in den Ruhestand, setzte aber seine eifrige, umfassende und erfolgreiche litterarische Thätigkeit auch nachher noch im gleichen Umfang wie früher fort. Unsere Gesellschaft ernannte den Verstorbenen um seiner grossen wissenschaftlichen Verdienste willen im Jahre 1897 zu ihrem Ehrenmitglied. Ich fordere Sie auf, sich zu seinem Andenken von Ihren Sitzen zu erheben.

Ferner sprach Herr Fr. Heusler:

Ueber schmiedbare magnetische Bronzen.

Vor 3 Jahren habe ich an dieser Stelle[1]) über die Resultate umfangreicher Versuche berichtet, die ich mit Unterstützung des Herrn Fr. Richarz und seiner Schüler W. Starck und E. Haupt über die magnetischen Eigenschaften eisenfreier Manganlegierungen angestellt hatte. Die erhaltenen Resultate sind bestätigt und erweitert worden durch die Herren Gumlich,[2]) Austen,[3]) Take,[4]) Wedekind[5]) und Hill.[6]) Herr Hadfield, welchem ich auf seinen Wunsch Proben meiner Manganaluminiumkupfer-Legierungen überlassen hatte, hat dieselben der British Association[7]) vorgelegt und neuerdings in Gemeinschaft mit Herrn J. A. Fleming[8]) eigene Versuche an Ringen aus Manganaluminiumkupfer mitgeteilt, die er selbst

---

1) Heusler, Schriften der Ges. Marburg bei Elwert; (13) 1904, 255; W. Starck und E. Haupt a. a. O. 263, vgl. auch Verhandl. deutsch. phys. Ges. 5, 219; 220 und Verhandl. d. Vereins z. Bef. d. Gewerbfleisses 1903, 277 sowie Zeitschr. angew. Chem. 1904, 260.

2) Gumlich, Drudes Annalen **16**, p. 535—550, 1905.

3) L. Austen, Verhandl. deutsch. phys. Ges. 6, 211.

4) Take, Inaug. Diss. Marburg 1904; diese Sitz. Ber. Nr. 3, p. 35, 1905. Verhandl. deutsch. phys. Ges. 7, 133.

5) Hr. Wedekind, welcher Ber. deutsch. chem. Ges. 1905 (38), 1228 ein Verfahren zur Darstellung von Manganbor mitteilte, hat nach Empfang meiner brieflichen Mitteilung, in welcher ich ihn auf die von ihm übersehenen magnetischen Eigenschaften des Manganbors aufmerksam machte, in einem Vortrag vor der deutschen Bunsengesellschaft hierüber berichtet, vergl. Zeitschr. f. Elektrochemie 1905, 850. Die Magnetisierbarkeit von Manganantimon und Manganarsen ist bekanntlich ebenfalls von mir festgestellt und wird in Marburg einer genaueren Untersuchung unterzogen werden, sobald die für Wissenschaft und Praxis ungleich wichtigeren Untersuchungen der Legierungen von Mangan, Aluminium und Kupfer dies angängig erscheinen lassen.

6) Hill, the Physical Review 1905.

7) Hadfield, Chem. News 90, 180, vgl. Chem. Centralblatt 1904, 2, 1440; 1627.

8) Fleming u. Hadfield, Proc. of the Royal Society Vol. 76, A, 271 (1905).

gegossen hatte. Diese Publikation hat die von Fleming und Hadfield wohl kaum erwartete Folge gehabt, dass in amerikanischen, österreichischen und sogar deutschen Zeitschriften Referate erschienen, in welchen die genannten Autoren als die Entdecker der magnetisierbaren Manganlegierungen bezeichnet[1]) oder in denen wenigstens[2]) nicht erwähnt wird, dass die von Fleming und Hadfield mitgeteilten Tatsachen nur eine Bestätigung der von meinen Mitarbeitern W. Starck und E. Haupt ausgeführten Messungen bieten. Zu meinem lebhaften Bedauern muss ich feststellen, dass die Herren Fleming und Hadfield meine Abhandlungen nicht citiert, auch nicht bemerkt haben, dass quantitative Messungen in grossem Umfang bereits vorlagen.[3]) Es ist also nicht ausschliesslich die Schuld der betreffenden Referenten, wenn sie so irreführende Referate verfasst haben.

Inzwischen sind sowohl in meinem Laboratorium auf der Isabellenhütte bei Dillenburg als auch im physikalischen Institut in Marburg weitere Untersuchungen über die magnetisierbaren Manganlegierungen nach den verschiedensten Richtungen ausgeführt bezw. im Gange. Ich habe dabei die sehr wichtige Beobachtung gemacht, dass gewisse kupferreiche Manganaluminiumbronzen von relativ noch hoher Magnetisierbarkeit sich schmieden lassen. Die Schmiedestücke sind in Wasser abgelöscht fast unmagnetisch, werden aber beim Altern magnetisierbar. Hiermit ist ein Material gefunden, welches ausserordentlich geeignet für das Studium der Umwandlungserscheinungen ist. Die wertvollen von Herrn Take erhaltenen

---

1) The Electrician 1905; Electrical World and Engineer (New York 1. Juli 1905 S. 15); Wiener elektrotechn. Neuigkeitsanzeiger 1905, 79; 90.

2) Beiblätter zu Ann. Physik 1905, Bd. 29, p. 967.

3) Ihre Abhandlung beginnt mit dem Satz:

„The exhibition by one of us (Mr. R. A. Hadfield) at the British Association Meeting at Cambridge in 1904, of a Sample of a magnetic alloy first prepared by Dr. Heusler, composed of copper, aluminium, and manganese, having aroused considerable interest, we felt that the quantitative measurement of the principal magnetic constants of such a material would be of very considerable interest. We, therefore, undertook at the earliest moment experiments with this object in view . . . .“

diesbezüglichen Resultate werden dadurch noch wesentlich erweitert. Es wäre aber verfrüht, wenn ich die vorliegenden Beobachtungen, welche Herr P. Asteroth durch genaue Messungen ergänzen wird, schon heute veröffentlichen wollte.

Sodann trug Herr F. Richarz vor:

Über Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme fester Elemente

und

über spezifische Wärme und spezifisches Gewicht ihrer allotropen Modifikationen

nach der aus dem Physikalischen Institut hervorgegangenen Inauguraldissertation von Herrn A. Wigand. Den dieser Arbeit zu Grunde liegenden Gedankengang hat der Vortragende bereits in der Sitzung vom 13. Juli 1904 Seite 62—66 skizzirt, und möchte im Folgenden hierauf zum Teil etwas ausführlicher zurückkommen.

In Nr. 6 der Sitz. Ber. d. J., Julisitzung, ist auf Seite 93 bis 96 die Ableitung für den Wert der Atomwärme eines einatomigen Gases zu finden:

$$A \cdot c_v = 3.$$

Das Produkt aus Atomgewicht A multiplicirt mit spezifischer Wärme bei constantem Volumen hat (bis auf unsichere Ziffern der dritten Dezimale) den Wert 3.

Für einatomige feste Körper gilt jedoch jene einfache Ableitung nicht, da bei der Erwärmung zu der Bewegungsenergie der Atome noch eine Energie der Lage hinzukommt. Wir wollen die Erwärmung des Körpers bei konstantem Volumen betrachten; die Arbeit gegen den äusseren Druck soll also gleich Null sein. Beim absoluten Nullpunkt sind die Atome als ruhend anzusehen, d. h. sie haben keinen Inhalt an progressiver Bewegungs-Energie.

Jedes Atom ruht in seiner mittleren Lage, der Lage stabilen Gleichgewichts, sodass sich sämtliche Kräfte, die von den Nachbaratomen auf das betrachtete Atom ausgeübt werden, das Gleichgewicht halten. Wird Wärme zugeführt, so gerät das Atom unter dem Einfluss der Nachbaratome in oscillatorische Schwingungen; es erhält lebendige Kraft. Ausserdem wächst zugleich mit der Temperatur die mittlere Entfernung des Atoms von seiner Gleichgewichtslage. Da hierbei Arbeit geleistet wird gegen die Kräfte, die das Atom in seiner Gleichgewichtslage zu halten bestrebt sind, so besitzt das Atom auch eine Energie der Lage.[1])

Die Energie der Bewegung allein genommen ist auch für je ein Atom eines festen Körpers dieselbe wie bei einem Gase; das beweisen die mechanischen Deutungen des 2. Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie nach Clausius, Boltzmann und Helmholtz. Die bei einem Atom eines festen Körpers nach dem Obigen hinzukommende Energie der Lage hat nun eine jener Energie der Bewegung gleiche Grösse. Dies lässt sich sehr allgemein und streng beweisen mit Hülfe des Clausiusschen Virialsatzes.[2]) Ich will hier diejenige Ableitung bringen, die ich mit Rücksicht auf die Chemiker, für die das Gesetz von Dulong und Petit doch auch von so grosser Wichtigkeit ist, unter vereinfachenden Annahmen seit einigen Jahren in der theoretischen Ergänzungsvorlesung zur Experimentalphysik vortrage.

Man denke sich die Wärmebewegung der Atome auf kreisförmigen Bahnen geschehend. Je lebhafter die Bewegung ist, um so grösser wird auch der Abstand des schwingenden Atoms

1) Es sei bei dieser Gelegenheit bemerkt, dass die Ausstellung, die Happel (Ann. d. Phys. IV. Folge, 13, p. 340, 1904) an der strengen Theorie macht, bereits in meiner ersten Abhandlung (Wied. Ann. 48, p. 710, Anm. 2, 1893) berücksichtigt ist. Es heisst dort, dass die mittlere Gleichgewichtslage eines Atoms unverändert bleibt. Happel hat dies noch mathematisch nachgewiesen.

2) F. Richarz, Wied. Ann. 48, p. 468 und 708, 1893.

von der Gleichgewichtslage sein; je grösser die kinetische Energie, um so grösser auch die potentielle.

Die kreisförmige Bewegung können wir bei solchen pendelartigen Schwingungen in eine horizontale und eine vertikale oscillatorische Komponente zerlegen:

$$ABCD = A'B'C'D' + A''B''C''D''.$$

Aus dem „Flächensatz" folgt für die ganze Bahn konstante Geschwindigkeit. Bei A besteht nur die vertikale, bei B nur die

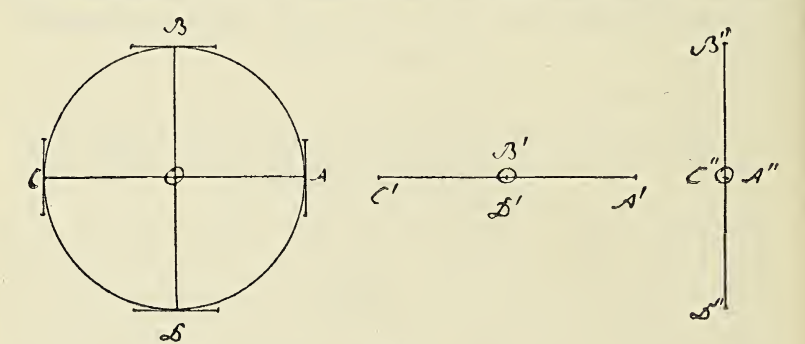


Fig. 1.

horizontale Geschwindigkeitskomponente u. s. w. Ist die eine Komponente gleich Null, so wird die andere gleich der konstanten Kreisgeschwindigkeit.

In dem Augenblicke, in welchem das Atom den Punkt A passirt, denke ich mir seine lebendige Kraft weggenommen. Bleibt noch die potentielle Energie. Wenn ich das in A ruhend gedachte Atom wieder loslasse, beschreibt es alsdann die Oscillation $A'B'C'D'$. Auf dem Wege von A' bis B' hat sich seine gesammte potentielle Energie in kinetische umgewandelt; die letztere in B' ist aber gleich derjenigen der Kreisbewegung in B, d. h. der konstanten der Kreisbewegung überhaupt.

Die potentielle Energie des kreisenden Atoms zunächst in A, aber auch in j e d e r Lage der Kreisbahn, ist also gleich der kinetischen, und die Gesammtenergie gleich der doppelten kinetischen.

Die gesamte zuzuführende Wärme ist also gleich dem Doppelten der allein zur Erzeugung der betreffenden kinetischen Energie, wie bei einem einatomigen Gase, notwendigen Wärme. Ist C_v die spezifische Wärme des festen Körpers bei konstantem Volumen und A sein Atomgewicht, so wird die Atomwärme mithin nahezu gleich 6:

$$A \cdot C_v = 6.$$

Experimentell wird nicht C_v, sondern C_p, die spezifische Wärme bei konstantem Drucke, bestimmt.[1] Es ist aber stets $C_p > C_v$. Das Verhältnis der beiden lässt sich nach Clausius berechnen, wenn man die kubische Kompressibilität und den thermischen Ausdehnungskoefficienten der betreffenden Substanz kennt, auch nach Edlund aus der adiabatischen Temperaturveränderung bei plötzlicher elastischer Dehnung. Es wird dann:

$$A \cdot C_p = 6{,}1 \text{ bis } 6{,}3.$$

Hierdurch erklären sich die kleinen Abweichungen vom theoretisch für C_v gefundenen Wert der Atomwärme, die also nicht als Ausnahmen anzusehen sind.

Einige Substanzen zeigen jedoch grosse Abweichungen vom theoretischen Wert, die sich durch den Unterschied von C_p und C_v allein nicht erklären lassen. Der Grund ist vielmehr darin zu suchen, dass die vereinfachenden Annahmen hier nicht mehr zutreffen. Damit die Bahn eines Atoms eine kreisförmige sein kann, muss angenommen werden, dass die Verrückung des Atoms aus seiner Gleichgewichtslage klein ist gegenüber seinem Abstand von den Nachbaratomen. Ist das nicht der Fall, so macht sich deren Einfluss auf die Gestalt der Bahn störend bemerkbar. Die Bahn ist dann nicht mehr kreisförmig, sondern hat etwa Ausbuchtungen in der Nähe eines jeden Nachbaratoms:

---

1) F. Richarz, Wied. Ann. 48, p. 712. 1893; Limpricht-Festschrift p. 9. Greifswald 1900.

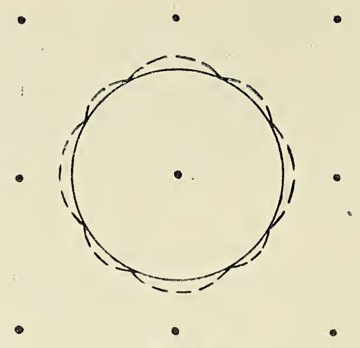


Fig. 2.

Jedoch ist es nicht nötig, über die Gestalt der Bahn des Atoms in solchen Fällen etwas Näheres auszusagen. Hier gilt also die ganze Theorie nicht mehr, die zur Zahl 6 für die Atomwärme geführt hat. Jene Annahme ist möglicherweise dann nicht erfüllt, wenn der mittlere Abstand der Atome von einander klein ist. Ein Maass für diesen Atomabstand bildet die Grösse „Atomvolumen," das ist der einem Atom innerhalb des Körpers zukommende Raum. Ist s das spezifische Gewicht, A das Atomgewicht, dann hat

$$1 \text{ gr das Volumen } \frac{1}{s},$$

$$A \quad „ \quad „ \quad „ \quad \frac{A}{s}.$$

Die Grösse $\frac{A}{s}$ ist dem Atomvolumen proportional und heisst „relatives Atomvolumen." Je kleiner sie ist, desto kleiner ist der Atomabstand. Bewirkt nun kleines Atomvolumen eine Abweichung vom Gesetze von Dulong und Petit, so wird offenbar diese Abweichung um so grösser sein, je kleiner das Atomvolumen ist.

Die gemachte Annahme ist möglicherweise auch nicht erfüllt, wenn die Atome grosse Bahnen beschreiben. Da nun alle Atome bei derselben Temperatur dieselbe lebendige Kraft $\frac{1}{2} mv^2$ haben, wird die Geschwindigkeit v und damit zugleich die

Bahn um so grösser sein, je kleiner die Masse *m* ist, je kleiner also das Atomgewicht ist.

Treffen kleines Atomvolumen und kleines Atomgewicht zusammen, so werden die grössten Abweichungen zu erwarten sein, wie das auch für die Elemente Beryllium, Bor und Kohlenstoff, die die kleinsten Atomvolumina und kleines Atomgewicht haben, zutrifft. Die Tatsache, dass gerade diese Elemente die grössten Abweichungen vom Gesetze von Dulong und Petit zeigen, bemerkte man schon früher[1]) ohne allerdings eine Erklärung dafür geben zu können. Oberhalb des Atomgewichtes 39 (Kalium) kommen bei gewöhnlicher Temperatur keine bedeutenden Abweichungen vor. Unterhalb 39 befolgen nur diejenigen Elemente das Gesetz von Dulong und Petit, die grosses Atomvolumen haben (vergl. die Maxima und Minima der Kurve des periodischen Systems der Elemente, die man erhält, wenn man die Atomvolumina als Funktionen der Atomgewichte graphisch darstellt). Die Elemente *Be*, *B*, *C* zeigen die grössten, *Mg*, *Al*, *Si*, *P*, *S* kleinere aber doch noch bedeutende Abweichungen.

Bisher war stillschweigend angenommen worden, dass die Kleinheit des Atomvolumens durch gleichmässige Annäherung aller Atome bedingt sei[2]) (s. die Figur auf S. 104). Es ist aber auch möglich, dass die Annäherung einzelner Atome an einander, dass Komplexbildung der Grund für kleines Atomvolumen ist. Dass solche Komplexbildung durch einen an und für sich schon vorhandenen kleinen Abstand aller Atome begünstigt wird, ist leicht einzusehn: Die allgemeine Annäherung der Atome kann durch Vermehrung der Kohäsionskräfte dazu führen, dass einzelne sich zusammenballen. Dafür zeugt auch die Tatsache, dass diejenigen festen Elemente, die besonders charakteristische

1) Lothar Meyer, moderne Theor. der Chemie, 1884, p. 87.

2) Die folgende Konsequenz wurde von mir schon vor mehreren Jahren im Marburg-Giessener Colloquium und dann in der ordentlichen Sitzung der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg am 13. Juli 1904 entwickelt (vergl. die Sitzungsberichte Nr. 6. p. 61. 1904).

allotrope Modifikationen aufweisen, auch kleines Atomvolumen haben. Man denkt sich ja, dass das Zustandekommen allotroper Modifikationen desselben Elements auf der Bildung von Atomkomplexen beruht. Wegen der dadurch bedingten grösseren Unfreiheit der Bewegung zählen nicht mehr alle Atome als frei beweglich in der kinetischen Theorie mit; die Wärmekapacität ist infolgedessen kleiner. Es ergibt sich also daraus die Folgerung, dass gerade bei den Elementen, die kleines Atomvolumen haben und in verschiedenen Modifikationen vorkommen, bedeutendere Abweichungen vom Gesetze von Dulong und Petit zu erwarten sind. Das trifft im grossen und ganzen zu, und es sind gerade die Elemente stark metalloidischen Charakters, die zugleich polymorph sind und die kleinsten Atomwärmen haben (B, C). Nimmt man doch auch sonst an, dass die Molekeln der Metalloide im Allgemeinen nicht einatomig sind wie die der Metalle.[1])

Betrachten wir nun die allotropen Modifikationen eines und desselben Elementes, das im Allgemeinen eine Abweichung vom D.-P.-schen Gesetze nach unten zeigt, so werden wir auch schon ohne die Annahme der Complexbildung zur Folgerung kommen, dass die Abweichungen um so stärker sind, je kleiner das Atomvolumen ist. Die Annahme der Zusammenballung würde auch noch durch die verminderte Bewegungsfreiheit direkt erklären, weshalb die abnormen Werte der Atomwärmen zu klein sind. Bei den verschiedenen Modifikationen desselben Elementes wird die Atomwärme vermutlich um so kleiner sein, je kleiner die Atomvolumina sind. Da nun das Atomgewicht A für alle Modifikationen eines Elementes dasselbe ist und die Atomwärme durch $A \cdot C$ und das Atomvolumen durch $\frac{A}{s}$ dargestellt wird, so kann man diese Konsequenz aus der Theorie auch so aussprechen: Für allotrope Modifikationen desselben Elements sind die spezifischen Wärmen um

1) van't Hoff, Vorles. über theor. u. phys. Chemie, 1903, 3. Heft, p. 66 u. 67.

so kleiner, je grösser die spezifischen Gewichte sind. Bei Durchsicht der Litteratur nach den zur Kontrolle dieser Konsequenz erforderlichen Daten fand Herr A. Wigand eine Anzahl von Bestätigungen, die zusammen mit den Ergebnissen des experimentellen Teils seiner eigenen Arbeit in folgender Tabelle zusammengestellt sind. Wenn in ganz wenigen Fällen, wie es sich von Elementen nur beim Zinn herausstellte,[1]) die Regel nicht zutrifft, so ist das nicht als prinzipieller Widerspruch gegen die aus der kinetischen Theorie gezogenen Konsequenz anzusehen. Denn diese gilt streng nur, wie schon erwähnt, für C_v, während experimentell nur C_p (bei freier Ausdehnung und konstantem Atmosphärendruck) bestimmt wird. Bei festen Körpern ist, gerade wie bei Gasen, $C_p > C_v$. Während jedoch bei den Gasen die Ausdehnungsarbeit gegen den Atmosphärendruck dieser Differenz der spezifischen Wärmen entspricht, kommt diese Arbeit bei der geringen Ausdehnung fester Körper weniger in betracht. Hier ist vielmehr die Arbeit, die bei der thermischen Ausdehnung gegen Kohäsionskräfte der Atome untereinander zu leisten ist, der Grund für die Differenz der beiden spezifischen Wärmen; denn durch die thermische Ausdehnung erhalten die mittleren Lagen der Atome einen grösseren Abstand von einander. In diesem Sinne ist auch die aus dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie abgeleitete Beziehung zwischen $(C_p—C_v)$, der thermischen Ausdehnung und der kubischen Kompressibilität zu verstehen.[2]) Da nun diese Kohäsionsarbeit von C_p abgezogen werden muss, wenn man C_v erhalten will, kann es sehr wohl sein, dass bei zwei allotropen Formen a und b zwar C_p für a grösser als für b, jedoch C_v für a

1) Die folgenden Erwägungen stellte ich ursprünglich für das Arsen an (Sitzungsber. d. Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. zu Marburg Nr. 6, p. 66, 1904), das nach den Messungen von Bettendorf und Wüllner (Pogg. Ann. 133, p. 293, 1868) eine Ausnahme von der Regel machte. Nach den Ergebnissen von Hrn. A. Wigand folgt auch Arsen der Regel, Zinn jedoch nicht.

2) Helmholtz, Vorlesungen, Bd. VI. p. 227. 1903.

kleiner als für b wird. Für C_v würde dann die Konsequenz aus der Theorie stimmen. Für Zinn, bei dem $C_{p\text{ weiss}} > C_{p\text{ grau}}$, ist das um so eher möglich, als die relative Differenz der beiden C_p für die beiden Modifikationen so gering ist wie bei keinem anderen Element.[1]) Und augenfällig ist gerade für weisses Zinn die Cohäsion grösser als für graues.

Die Temperaturen, für welche die spezifischen Wärmen bestimmt wurden, sind mit angegeben, da gerade für die in betracht kommenden Elemente die Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur gross ist. Zur genauen Vergleichung der Modifikationen eines Elements müsste man die spezifischen Wärmen eigentlich auf die gleichen Temperaturen berechnen. Abgesehn davon, dass dies nur in wenigen Fällen möglich ist, sind die Verschiedenheiten der Temperaturen auch so regellos verteilt, dass sie keinen systematischen Einfluss auf die Werte der spezifischen Wärmen äussern können. (Tabelle S. 109).

Die den Beobachtern beigefügten Zahlen beziehen sich auf „Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie." Die übrigen Arbeiten finden sich:

Bettendorf u. Wüllner, Pogg. Ann. 133. p. 293. 1868.
Bunsen, Pogg. Ann. 141. p. 1. 1870.
Chr. Fabre, C. R. 105. p. 1249. 1887.
H. Kopp, Lieb. Ann. Suppl. III. p. 1. 289. 1864/65.
Mixter u. Dana, Lieb. Ann. 169. p. 388. 1873.
Moissan u. Gautier, Ch. C. 1896. I. p. 1049.
Regnault (1), Pogg. Ann. 89. p. 495. 1853.
Regnault (2), Pogg. Ann. p. 62. p. 50. 1844.
Stockmeier, Ch. C. 1894. II. p. 409.
Vigouroux, Ch. C. 1895. I. p. 419. 628; II. p. 12.
H. F. Weber, Pogg. Ann. 154. p. 367. 553. 1875.

Die Citate sind zum Teil den physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt und Börnstein. 3. Aufl. 1905, zum Teil auch dem Handbuch der anorganischen Chemie von O. Dammer. 1894—1903, entnommen.

---

1) Die Untersuchung der Zinn-Modifikationen soll noch fortgesetzt werden, da der Wert der Resultate durch die Überschreitung des Umwandlungspunktes für das graue Zinn gefährdet ist.

Substanz	Modifikation	Spez. Gewicht	Spez. Wärme	Temp. (spez. W.)	Beobachter spez. Gew.	Beobachter spez. Wärme
C	Diamant	3,518	0,1128	10,7	Baumhauer 1877	H. F. Weber
	Graphit	2,25	0,1604	10,8	Rammelsberg 1873	H. F. Weber
	amorph (Gaskohle)	1,885	0,2040	24—68	Mène 1867	Bettendorf u. Wüllner
B	krystall.	2,535	0,2518	0—100	Hampe 1876	Mixter und Dana
	amorph	2,45	0,3066	0—100	Dammer IV p. 655	Moissan u. Gautier
Si	krystall.	2,49	0,165	21	Wöhler 1856	Kopp
	amorph	2,35	0,214	21	Vigouroux	Kopp
P	rot	2,16	0,1698	15—98	Hittorf 1863	Regnault (1)
	gelb	1,828	0,202	13—36	Damien 1861	Kopp
S	rhombisch	2,07	0,163	17—45	Deville 1848	Kopp
	monoklin	1,96	0,1844	15—97	Deville 1848	Regnault (2)
	amorph, unlösl.	1,89	0,1902	0—53	Wigand	Wigand
	amorph, lösl.	1,86	0,2483	0—50	Wigand	Wigand
As	grau	5,87	0,0825	0—100	Wigand	Wigand
	schwarz	4,78	0,0861	0—100	Wigand	Wigand
Se	krystall.	4,8	0,0840	22—62	Rammelsberg 1874	Bettendorf u. Wüllner
	amorph	4,3	0,1125	21—57	Rammelsberg 1874	Bettendorf u. Wüllner
Te	krystall.	6,4	0,0483	15—100	Rammelsberg 1875	Fabre
	amorph	5,9	0,0525	15—100	Rammelsberg 1875	Fabre
Sn	weiss	7,14	0,0559	0—100	Stockmeier	Bunsen
	grau	5,85	0,0545	0—100	Stockmeier	Bunsen
	grau	5,85	0,0528	0—40	Stockmeier	Wigand

Das Resultat der Nachforschungen in der Litteratur und von Herrn Wigands eigenen Untersuchungen ist also. dass sich die Regel für allotrope Modifikationen bei allen festen Elementen mit Ausnahme des Zinns bestätigt. Da Kohlenstoff doppelt und Schwefel dreifach zählt, haben wir 11 Bestätigungen gegenüber einer Nichtbestätigung, die noch dazu wegen der geringen relativen Differenz der spezifischen Wärmen der beiden Modifikationen weniger ins Gewicht fällt. Würden wir anstatt des C_p das C_v betrachten, so würde sich wahrscheinlich (s. S. 107—108) auch das Zinn der Regel fügen (s. die Anm. auf S. 108).

Durch die thermische Ausdehnung der Körper wird der mittlere Atomabstand verändert. Ist nun für ein Element bereits bei gewöhnlicher Temperatur der Atomabstand so gross, dass ihm gegenüber die Schwingungen des Atoms um seine Gleichgewichtslage nicht in betracht kommen, so wird die Atomwärme des betreffenden Elements und damit seine spezifische Wärme keine wesentliche Abhängigkeit von der Temperatur aufweisen. Je kleiner aber der Atomabstand ist, um so mehr wird sich die Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur bemerkbar machen, und zwar, wenn die Abweichungen vom normalen Werte nach unten hin geschehen, in der Weise, dass im allgemeinen bei höherer Temperatur infolge des vergrösserten Atomabstands die Atomwärme normaler, die spezifische Wärme grösser wird, bei tiefen Temperaturen dagegen abnimmt. Je höher also die Temperatur, desto umfassender ist die Gültigkeit des Dulong und Petit'schen Gesetzes. Auf die Tatsache der Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur machten schon Dulong und Petit[1]) aufmerksam. Die grundlegenden experimentellen Arbeiten auf diesem Gebiete wurden von Regnault,[2]) H. F. Weber[3]) und U. Behn[4]) geliefert;

1) Dulong u. Petit, Ann. chim. phys. [2.] 7. p. 142. 1817.

2) Regnault, Pogg. Ann. 78 p. 118. 1849 u. a. a. O. [Pb, P u. a.].

3) H. F. Weber, Pogg. Ann. 154. p. 367. 1875. [C, B, Si].

4) U. Behn, Wied. Ann. 66. p. 237. 1898. [Al, Fe, Ni, Cu, Pb, Pd Jr, Pt]; Ann. d. Phys. IV. Folge, 1. p. 257. 1900. [C, Sb, Sn, Cd, Ag, Zn, Mg].

die exakte theoretische Erklärung siehe in meiner Arbeit Wied. Ann. 48. p. 713. III, 1893.

Aus den zahlreichen Untersuchungen über die spezifische Wärme bei tiefen Temperaturen[1]) ergibt sich nun folgendes, was mit diesen Anschauungen über die Ursachen der Abweichungen vom Gesetze von Dulong und Petit übereinstimmt: U. Behn hat zuerst darauf aufmerksam gemacht. Stellt man die untersuchten Elemente nach ihren Atomgewichten zusammen, so zeigt es sich, dass die Abnahme der spezifischen Wärme bei Temperaturerniedrigung um so grösser wird, je kleiner das Atomgewicht ist. Bringt man nach Behn die spezifische Wärme als Funktion der Temperatur in üblicher Weise graphisch zur Darstellung, so ordnen sich bei höheren Temperaturen die Elemente mit fallendem Atomgewicht von links nach rechts, da ja zufolge des Gesetzes von Dulong und Petit mit der grösseren spezifischen Wärme das kleinere Atomgewicht verbunden ist.[2]) Je weiter ferner im allgemeinen nach rechts in der graphischen Darstellung die Kurven der einzelnen Elemente liegen, desto mehr sind sie gegen die Temperaturaxe geneigt. Bei tiefen Temperaturen ist der Einfluss des Atomgewichts auf die Änderung der spezifischen Wärme viel grösser als bei gewöhnlicher Temperatur. In derselben Weise zeigt sich der Einfluss des Atomvolumens. Die Elemente die in der graphischen Darstellung des periodischen Systems der Elemente den Minimis der Kurve für die Atomvolumina entsprechen, haben grössere Änderung der spezifischen Wärme mit der Temperatur als die Elemente, die ihnen in bezug auf das Atomgewicht benachbart sind, aber grösseres Atomvolumen haben. Auch für diese Elemente mit den minimalen Atomvolumina zeigt die Neigung der Behn'schen Kurven, dass die Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur grösser ist als für die benachbarten: *Fe* (Atom-

1) S. auch die Citate auf Seite 112.

2) In der beigefügten Kurventafel sind die Resultate Behns mit denen andrer Beobachter zusammengestellt. Eine ausführlichere Behandlung der hier hervortretenden Beziehungen wird noch in Aussicht genommen.

Volumen 7,11), *Ni* (A.-V. 6,60), *Co* (A.-V. 6,86) verglichen mit *Zn* (A.-V. 9,21); *Pd* (A.-V. 9,35) verglichen mit *Cd* (A.-V. 13,01), *Ag* (A.-V. 12,76), *Sn* (A.-V. 16,30); *Jr* (A.-V. 8,61), *Pt* (A.-V. 9,06) verglichen mit *Pb* (A.-V. 18,11) u. s. w. Während sich bei gewöhnlicher Temperatur der Einfluss des Atomvolumens nur bis zum Atomgewicht 39 für Kalium aufwärts verfolgen lässt, ist es bei tiefen Temperaturen möglich, fast die ganze Reihe der Elemente bis zum *Bi* aufwärts zu übersehen und im erwähnten Sinne zu betrachten. Die Arbeiten von H. F. Weber und U. Behn enthalten die kalorimetrischen Bestimmungen und die graphische Darstellung für eine grosse Anzahl von Elementen. Weitere Bestimmungen der spezifischen Wärme von Elementen für tiefe und auch hohe Temperaturen wurden ausgeführt von H. E. Schmitz,[1]) W. A. Tilden,[2]) W. Bontschew,[3]) F. W. Adler,[4]) E. Giebe,[5]) W. Gaede,[6]) N. Stücker,[7]) C. C. Trowbridge,[8]) J. Dewar,[9]) Bède,[10]) Pebal u. Jahn,[11]) Schüz,[12]) Lindner,[13]) Byström,[14]) Le Verrier[15]) und anderen mehr. Trägt man die

1) H. E. Schmitz, Proc. of the Roy. Soc. 73, p. 177, 1903. [Al, Fe, Ni, Co, Cu, Zn, Ag, Sn, Tl, Pb].

2) W. A. Tilden, Proc. of the Roy. Soc. 71, p. 220, 1903. [Al, Ni, Co, Ag, Pt].

3) W. Bontschew, Inaug.-Diss., Zürich 1900. Beibl. 25, p. 178. 1901. [Al].

4) F. W. Adler, Inaug.-Diss., Zürich 1902. Beibl. 27, p. 330. 1903. [Cr].

5) E. Giebe, Verh. d. deutsch. phys. Ges. 5, p. 60, 1903. [Bi].

6) W. Gaede, Preisschr. und Inaug.-Diss., Freiburg 1902. Phys. ZS. 4. p. 105, 1902. [Sb, Pb, Cd, Cu, Pt, Fe, Zn, Sn].

7) N. Stücker, Sitzungsber. d. Wien. Ak. 114, Abt. IIa, 1905. [Fe, Mo, Mn, Mg, Bi, Pb].

8) C. C. Trowbridge, Science. N. S. 8 p. 6, 1898. [Cu, Fe, Al].

9) J. Dewar, Proc. of the Roy. Soc. 76, p. 328, 1905. [C, Pb, S].

10) Bède, Fortschr. der Phys. 11, p. 379, 1855. [Fe, Cu, Zn, Pb, Sn, Sb, Bi].

11) Pebal u. Jahn, Wied. Ann. 27, p. 584, 1886. [Sb].

12) L. Schüz, Wied. Ann. 46, p. 177, 1892. [Na, K, Cu, Zn, Sn, Sb, Pt, Bi, Pb, Cd].

13) G. Lindner, Inaug.-Diss., Erlangen 1903. [Cu].

14) Byström, Fortschr. d. Phys. 16. p. 369. 1860. [Fe, Ag, Pt].

15) LeVerrier, Fortschr. d. Phys. 48. II. p. 347. 1892. [Pb, Zn, Al, Ag, Cu].

Daten dieser Beobachter in das Behn'sche Kurvensystem ein, wie das in der beigegebenen Tafel geschehen ist, so bestätigt sich durchweg, dass kleineres Atomvolumen und Atomgewicht stärkere Abnahme der spezifischen Wärme mit sinkender Temperatur bedingt.

Schliesslich ergibt sich für allotrope Modifikationen eines Elements noch die Konsequenz, dass diejenige Form, die das kleinere Atomvolumen, also das grössere spezifische Gewicht hat, auch die grössere Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur aufweisen wird, was sich offenbar wieder bei tiefen Temperaturen besser zeigt als bei höheren. Für Kohlenstoff allein liegen die erforderlichen Daten in der Arbeit von H. F. Weber vor. In seiner graphischen Darstellung ist in der Tat die Kurve für Diamant, besonders bei tiefen Temperaturen, mehr gegen die Temperaturaxe geneigt als die Kurve für Graphit.[1])

Es erscheint mir übrigens sehr erwägenswert, ob nicht die Abnahme der spezifischen Wärme (und auch diejenige des Volumens) mit sinkender Temperatur ebenfalls auf der Zusammenballung von Atomen zu Complexen mit beschränkter Bewegungsfreiheit beruhen könnte.

Sodann sprach Herr F. A. Schulze über:

Zur Veranschaulichung von partikulären Integralen der Gleichung $\Delta_{x,y}\,\varphi = 0$.

Die partielle Differentialgleichung 1) $\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0$ tritt in der mathematischen Physik so häufig auf (stationäre Strömung von Wärme, Elektricität, inkompressibler Flüssigkeit, etc.), dass es wünschenswert ist, Methoden zur Veranschaulichung von partikulären Integralen dieser Gleichung zu besitzen. Eine solche ist kürzlich von Herrn F. Richarz[2]) für stationäre Wärmeströmung

1) Siehe auch die Curventafel.

2) F. Richarz, Marb. Sitz. Ber. v. Dezember 1903, pag. 96; Marb. Sitz. Ber. v. Juli 1905, pag. 93.

angegeben und ihre experimentelle Ausarbeitung auf seine Anregung von Herrn C. Seargent begonnen und von Herrn O. Hess[1]) durchgeführt.

Eine weitere Möglichkeit zur Veranschaulichung von Lösungen der Gleichung 1) bietet sich, wie ich, durch die eben erwähnte Versuche veranlasst, bemerkte, durch die Tatsache, dass bei einer ursprünglich ebenen gleichmässig gespannten Membran bei einer Deformation im Gleichgewichtszustand die Verrückungen w senkrecht zur ursprünglichen xy-Ebene der Differentialgleichung $\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0$ genügen, falls diese Verrückungen w klein sind.[2])

Es ist einfach, dies zur Darstellung von Lösungen der Gleichung 1) unter verschiedenen Grenzbedingungen zu benutzen.

Soll z. B. der Temperaturverlauf im stationären Zustand bei einer ebenen Platte gezeigt werden, in die an zwei Stellen Wärmeeinströmung stattfindet, während der Rand der Platte auf konstanter Temperatur erhalten wird, so wird die elastische Membram am Rand in einem Rahmen befestigt und nun an zwei Stellen durch etwas abgerundete Stäbe eingedrückt und in diesem deformirten Zustand festgehalten.

Die vertikalen Abstände eines Punktes der Membran von der ursprünglichen Horizontalebene stellen dann die Temperatur an der betreffenden Stelle vor. Sind beide Stäbe gleich tief in die Membran eingesenkt, so haben wir den Fall gleich starker Wärmeeinströmung. Man sieht leicht, wie die Grenzbedingungen aufs mannigfaltigste variirt werden können (mehrere Ein- bezw. Ausströmungspunkte verschiedener Intensität, Einströmung in Linien etc.).

Von besonderer Bedeutung sind diejenigen Linien, an denen φ einen konstanten Wert hat, die Linien $\varphi = \text{const.}$ Man erhält diese an der deformirten Membran offenbar als Schnittlinien

1) O. Hess, Inaug.-Diss.,Marburg, demnächst erscheinend.

2) Siehe z. B. Riemann-Weber, die part. Diffgl. d. math. Physik II, p. 248 u. 270. Braunschweig 1901.

von horizontalen Ebenen mit der Membran (falls diese ursprünglich horizontal war). Sie können leicht demonstrirt werden durch Aufgiessen von Wasser auf die Membran im deformirten Zustand. Da die Oberfläche des Wassers horizontal ist, so stellen die Begrenzungslinien der Wasseroberfläche diejenigen Punkte der Membran vor, die eine gleichgrosse Verschiebung w nach unten erfahren haben.

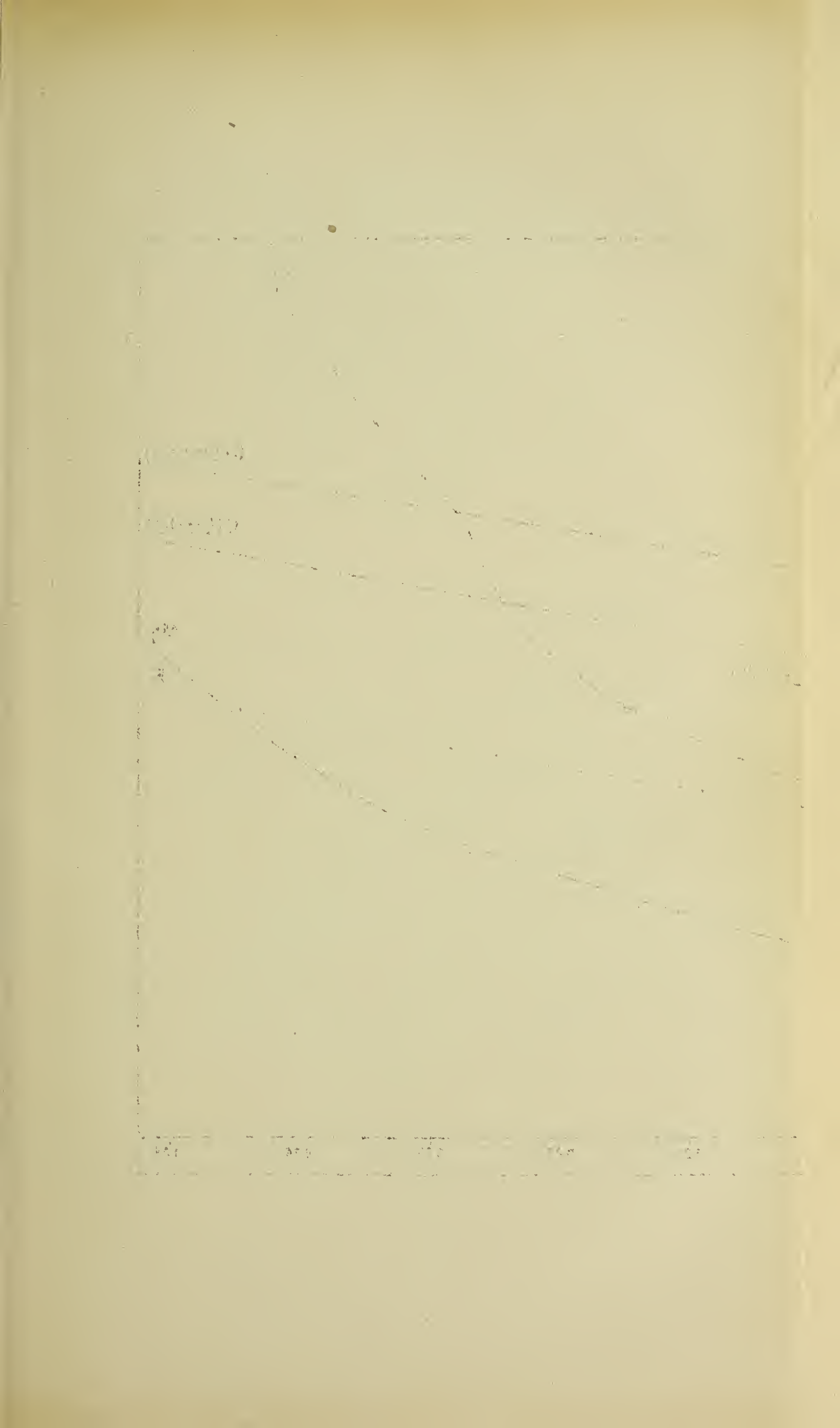
An Einzelheiten sei folgendes bemerkt:

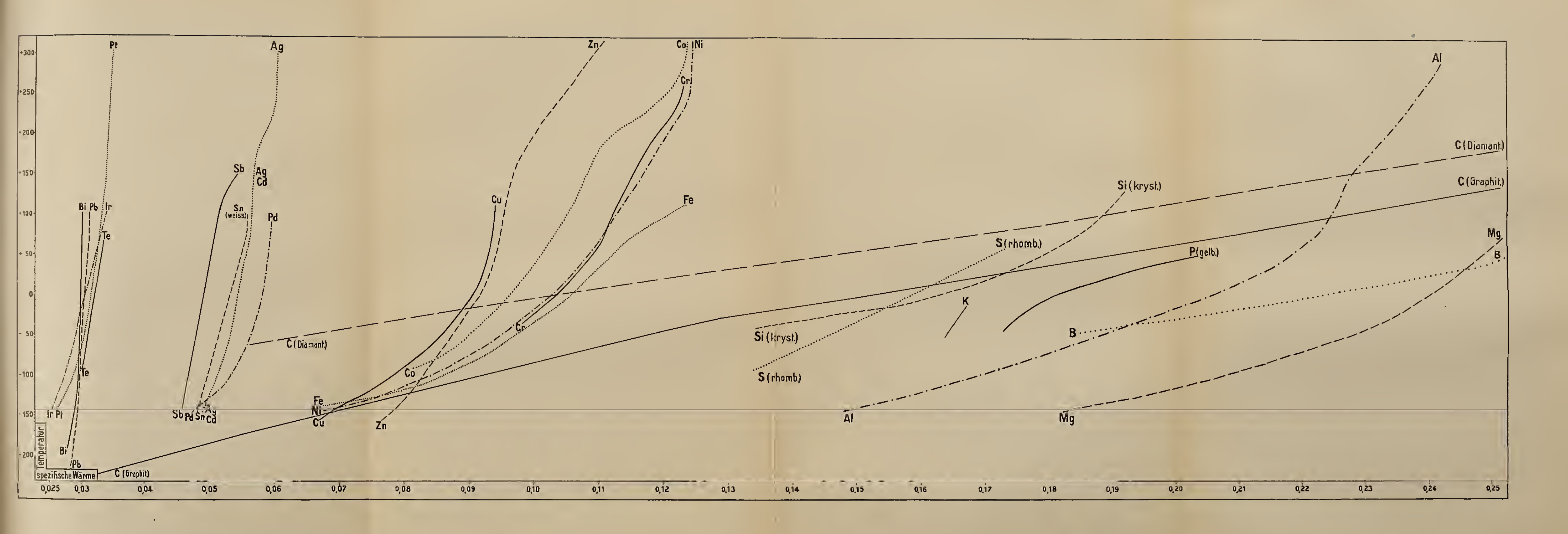
Es wurde eine Kautschukplatte von ca. 0,5 mm Dicke benutzt, die auf einem mit einer Nut versehenen Holzring von 45 cm Durchmesser aufgespannt wurde. Um sicher zu sein, dass die Platte nach allen Richtungen gleichmässig gespannt war, wurde vor dem Aufspannen ein System von rechtwinklig sich kreuzenden Geraden im Abstande von ca. 1 cm aufgezeichnet und darauf geachtet, dass beim Aufspannen die Linien gleichen Abstand von einander behielten. Zum Deformiren wurden Holzstöcke von ca. 1 cm Durchmesser mit halbkugelförmigen Enden benutzt. Die Linien $w = \text{const}$, die Randlinien der Wasseroberflächen sind am besten sichtbar zu machen, wenn sie im reflektirten Licht betrachtet werden, das durch eine matte Glasscheibe diffus gemacht ist. Übrigens bleiben diese Linien $w = \text{const}$ auch nach Weggiessen des Wassers und Entspannen der Membran noch tagelang überraschend deutlich sichtbar, indem der Teil der Membran, der mit dem Wasser in Berührung war, infolge Imbibition sich deutlich von dem andern Teil der Membran in der Färbung unterscheidet.

Wenn auch die Gleichung 1) $\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = O$ für die transversalen Verrückungen w der Membran streng nur für kleine Verrückungen gilt, so kann man doch tatsächlich die Verrückungen bei dieser Demonstration sehr gross nehmen, ohne dass die experimentell gefundenen Linien $w = \text{const}$ sich merklich von den theoretisch berechneten unterscheiden.

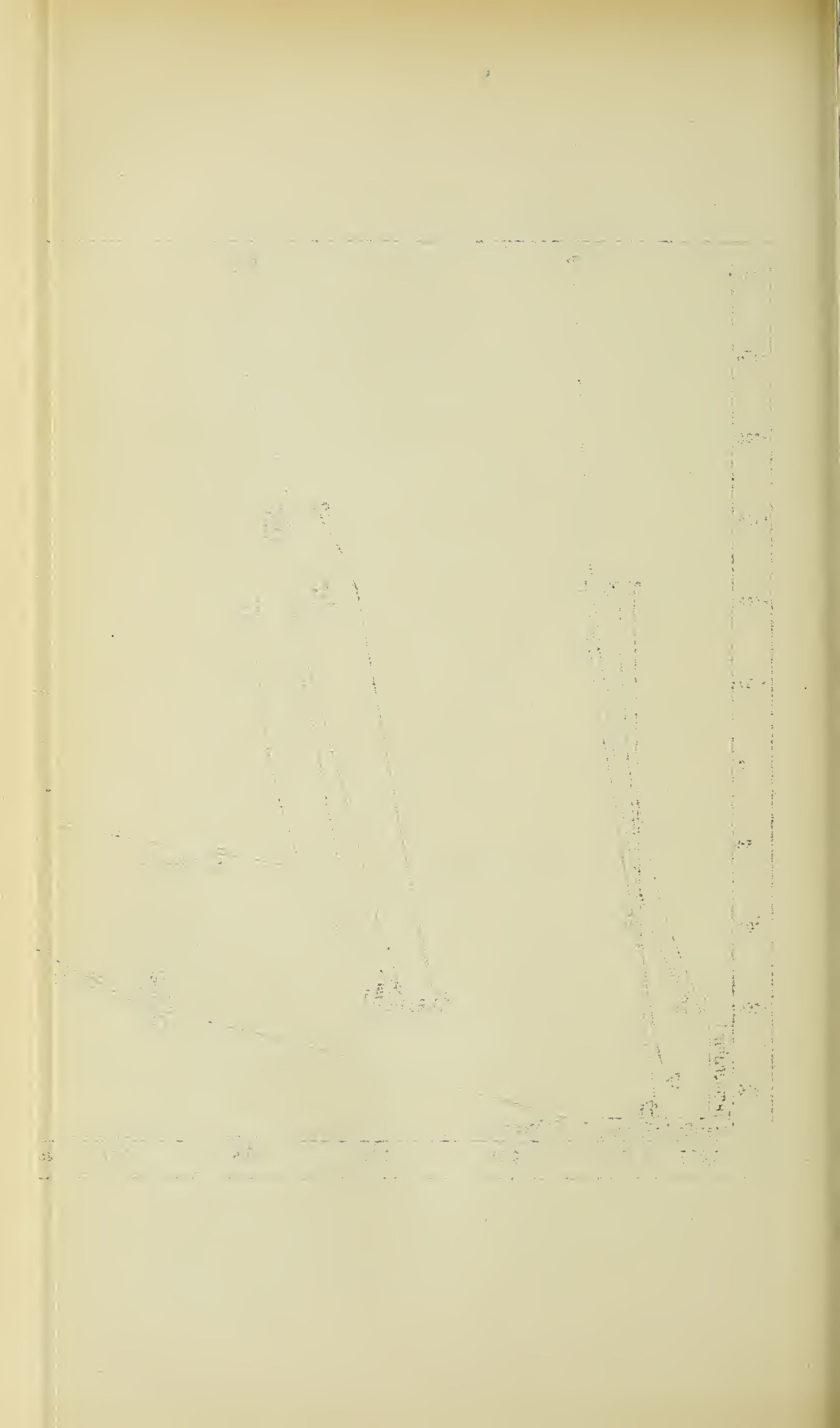
Aufgelegte Schriften:

The American Naturalist. Vol. 39. No. 461, 462.
Boston. May, June 1905.
Bulletin of the New York Public Library. Vol. IX. No. 5. 6.
New York 1905.
Smithsonian Miscellaneous Collections. Vol. II. Part 3.
Cold Spring Harbor Monographs publ. by the Brooklyn Inst. of Arts a. Sciences. III. Brooklin 1905.
University of California Publications, Botany. Vol. 2. No. 2.
Berkeley 1904.
Bulletin of the Lloyd Library. Cincinnati. Bull. No. 7, 1903, Reprod. Series No. 4, Bull. No. 8, 1905 Mycological Ser. No. 3.
Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Vol. LVI. Part 3 1904. Philadelphia 1905.
Proceedings of the Americ. Academy of Arts and Sciences. Vol. XL. No. 15—22. Boston 1905.
Parergones del Instituto Geologico de Mexico. Tome I. No. 8.
Mexico 1905.
Boletin del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Peru. No. 20—23.
Lima 1905.
Boletin de la Sociedad Geographica de Lima. Tomo XV.
Lima 1904. Trimestre 2.
Department of the Interior Ethnological Survey Publications. Vol. II. Part. I. Manila 1904.
Manchester. Liter- & philos. society. Memoirs & proceedings. 4 gr. Bd. III. Th.
Manila. Ethnological Survey publications. 1, Bd.
Missouri botanical garden 16. report 1905. geb.
München. Aerztl. Verein. Sitzungsberichte XIV. 1904.
New-York. Public library. Bulletin. IX. Bd. 7 10.
Paris. Ch. Janet Observations sur les Guêpes. 1903.
Perugia. Annali della facolta di medicina. III. Ser. 1902. Vol. II. fasc. 2—4. III. Ser. 1903. Vol. III. fasc. 2.
Philadelphia. a) Academy of natur. sciences. Proceedings. 57. Bd. I. (Jan./März 1905).
b) American philos. society. Proceedings 179/180.
Roma. Academia dei lirici. Atti a) 5. Ser. 14. Bd. 12. Lfg. I. Sem. 1905.
b) Desgl. II. Semester. No. 1—7-
c) Desgl. Rendiccato acti. III. Bd.
Stettin Gesellsch. f. Völker- u. Erdkunde. Bericht über 1903/4.
Stuttgart a) Verein f. vaterl. Naturkunde in Würtemberg. Jahreshefte. 21. Jahrg. und Beilage.
b) Zeitschrift f. Naturwiss. 77. Bd. Heft 3/5.





Pt
Ag
Zn
Co
Ni
Cr
Al
C (Diamant)
C (Graphit)
Si (kryst.)
Fe
Cu
Sb
Ag
Cd
Sn (weiss)
Pd
Bi Pb Ir
Te
S (rhomb.)
P (gelb.)
Mg
B
K
Cr
C (Diamant)
Si (kryst.)
S (rhomb.)
Co
Te
Fe
Ni
Cu
Zn
Al
Mg
Ir Pt
Sb Pd Sn Ag Cd
Bi
Pb
C (Graphit)
Temperatur
spezifische Wärme
+300
+250
+200
+150
+100
+50
0
-50
-100
-150
-200
0,025
0,03
0,04
0,05
0,06
0,07
0,08
0,09
0,10
0,11
0,12
0,13
0,14
0,15
0,16
0,17
0,18
0,19
0,20
0,21
0,22
0,23
0,24
0,25



Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 8 **Dezember** **1905**

In der ordentlichen Sitzung vom 13. Dezember 1905 gab Herr L. Aschoff

Bericht über Untersuchungen des Herrn Dr. Hallenberger, betreffend die Sklerose der Arteria radialis.

In der Lehre von dem Zustandekommen der Arterienverhärtung, der sogenannten Arteriosklerose, spielt in der neuesten Zeit, wie auf so vielen anderen Gebieten der Medizin, das funktionelle Moment eine grosse Rolle. Zwar haben Kliniker und vereinzelte pathologische Anatomen die funktionelle Schädigung der Gefässwand als Ursache der Arteriosklerose schon vor Jahrzehnten mit allem Nachdruck betont, aber es ist das Verdienst von Jores, unter Anwendung der modernen Untersuchungstechnik die Frage von Neuem aufgerollt und für die Entscheidung, ob entzündliche Einwirkung oder funktionelle Überanstrengung das Wesentliche seien, wichtiges Beweismaterial herbeigeschafft zu haben. In dem Referat, welches Marchand und Romberg auf dem Kongress für innere Medizin 1904 in Leipzig erstatteten, traten beide Redner mit aller Entschiedenheit für die funktionelle Genese der Arteriosklerose ein. Welche Form der funktionellen Überanstrengung, erhöhter Druck in dem Gefässrohr oder jäher Wechsel in Spannung und Füllung, in den einzelnen Fällen in

Betracht kommt, ist eine bisher unbeantwortete Frage. Im Allgemeinen wird dem erhöhten Druck die Hauptschuld zugeschoben. In Folge des stärkeren Zuges und Druckes in Längs- und Querrichtung kommt es zur Verdickung des elastischen Rohres (Intima), welches von dem muskulösen Schlauche (Muscularis) umschlossen ist. Diese Verdickung besteht in einer Vermehrung der elastischen Fasern der Intima. Diese degeneriren schliesslich unter dem Einfluss des anhaltenden erhöhten Druckes und zwar durch fettigen Zerfall und nun schliesst sich eine kompensatorische Bindegewebswucherung an. So entstehen denn jene bald mehr diffusen bald mehr knotenförmigen Verdickungen an der Aorta und anderen Gefässen, in deren Tiefe gelbliche Fettmassen durchschimmern.

Schon seit längerer Zeit hatte ich mich mehr gelegentlich mit dem Studium der arteriosklerotischen Prozesse befasst, als durch die erschöpfenden Untersuchungen von Jores diese eigenen Forschungen unterbrochen und nur nach bestimmten Richtungen weiter fortgesetzt wurden.

Die bis dahin von mir und später von meinen Schülern Torhorst und Voigts erhaltenen Befunde bestätigen durchaus die Ergebnisse der Jores'schen Arbeit. Jedoch glaube ich meine von Anfang an gehegte Überzeugung, dass bei der sogenannten fettigen Degeneration der elastischen Fasern mehr eine Veränderung der Kittsubstanz als der elastischen Fasern vorliegt, durch die Arbeit von Torhorst genügend gestützt zu haben, während Jores in einer gleichzeitig erschienenen Arbeit die fettige Metamorphose in die elastischen Fasern selbst verlegt. Durch Voigts habe ich sodann auf die meiner Meinung nach wichtige Differenz zwischen elastischen Lamellen, d. h. homogenen nur hier und da gefensterten Häuten, und elastischen Streifen oder elastischen Netzen, welche aus einem fein- oder grobmaschigem Gewebe elastischer Fäserchen, bestehen hinweisen lassen. Bei den bisherigen Beschreibungen der sklerotischen Verdickungen waren Lamellen und Streifen nicht genügend getrennt worden.

Da nun auffälliger Weise grade für die Arterie, welche dem Kliniker am leichtesten zugänglich ist und von ihm am häufigsten untersucht wird, nämlich für die Arteria radialis eine systematische Untersuchung nicht vorlag, die Verhältnisse aber grade hier relativ einfache sind, beauftragte ich Herrn Hallenberger mit einer solchen. Über die Resultate möchte ich Ihnen an der Hand der aufgestellten Präparate kurz berichten.

Bei dem Neugeborenen, bezw. einjährigem Kinde besteht das elastische Rohr, wie ich es im Gegensatz zum umgebenden Muskelschlauch nennen möchte, aus einer elastischen homogenen gefensterten Lamelle (Elastica interna), die sich bei Mallory'scher Färbung rot färbt. Der Innenfläche dieser Lamelle ist ein System äusserst feiner, dicht nebeneinander liegender längsverlaufender blau gefärbter elastischer Fäserchen fest angeschmiegt. Von dem Blut ist das elastische Rohr durch eine aus Endothelzellen gebildete Haut getrennt.

Die ersten Veränderungen, welche schon bald nach der Geburt einsetzen und an der Radialis eines zweijährigen Kindes deutlich zu sehen sind, bestehen in der von Jores zuerst genauer beschriebenen Spaltung der Elastica interna. Während aber bislang über diesen Vorgang unklare Vorstellungen herrschten, selbst Jores keine übereinstimmende Schilderung dieser Verhältnisse giebt, hat Hallenberger unter besonderer Benutzung der Mallory'schen Färbung klar zeigen können, dass es sich bei diesem Prozess um die Abhebung der innen aufliegenden elastischen Fäserchen, die ich als elastischen Längsstreifen zusammenfassen möchte, von der homogenen elastischen Lamelle handelt. Diese Abhebung geschieht wahrscheinlich durch Einwachsen von Bindegewebszellen zwischen elastischen Streifen und Lamelle. Die Abhebung tritt nicht auf einmal an dem ganzen Umfang der elastischen Lamelle, welche im kontrahirten Zustande eine zierliche Kräuselung zeigt, sondern nur hier und da ein. Im Laufe der ersten beiden Dezennien ist die Abhebung meist vollendet und es beginnt unterdessen die Abhebung eines zweiten Streifens. Nach Abhebung des ersten elastischen Streifens bilden sich nämlich an der

Innenfläche der Lamelle neue Fäserchen und bilden einen neuen elastischen Längsstreifen, der nunmehr gleichfalls zur Abhebung gelangt. Ungefähr am Ende des dritten Jahrzehntes erreicht diese Abhebung ihre grösste Ausdehnung. Nicht selten hat sich hier und da die Abhebung eines dritten Streifens angeschlossen. Zwischen den Streifen liegen ganz schmale Schichten von Bindegewebe mit länglichen Zellen, deren Natur als Muskel- oder Bindegewebszelle vielfach zweifelhaft bleiben muss. Damit hat die physiologische Verdickung, welche zu keinerlei Deformirung der Gefässlichtung führt, ihren Höhepunkt erreicht. Dieser Zustand kann sich unverändert bis in das fünfte Jahrzehnt erhalten, höchstens nimmt die Stärke der einzelnen Streifen noch etwas zu.

Häufig aber beginnt bereits im vierten Jahrzehnt, gelegentlich auch früher eine weitere Umwandlung der Intima, welche darin besteht, dass sowohl zwischen den einzelnen elastischen Streifen als auch nach innen von ihnen eine reichlichere Entwicklung von Bindegewebe statt hat. Dadurch werden die elastischen Streifen förmlich aufgesplittert und die entstehenden bindegewebigen Polster sind dann von zahlreichen feinen elastischen Fasermassen durchsetzt, die z. T. auch neugebildet sind. Diese elastisch-bindegewebigen Wucherungen, welche zunächst nur an ganz kurzen Strecken des Lichtungsrandes sichtbar werden, erlangen mit zunehmendem Alter eine solche Stärke, dass die ganze Intima von kleinen und grossen Polstern besetzt oder diffus verdickt ist. Sobald die Entwicklung des Bindegewebes beginnt, zeigt sich auch an der Gefässlichtung eine charakteristische Veränderung. Statt der runden oder ovalen Begrenzung finden sich schwach angedeutete, bei zunehmender Wucherung stärker hervortretende Knickungen, der beste Beweis, dass die Biegsamkeit des elastischen Gefässrohres gelitten hat. Die Knickung kommt dadurch zu Stande, dass der Muskelschlauch bei eintretender Totenstarre das elastische Rohr zusammenpresst. Überall wo dasselbe verdickt ist, wird die normale Zusammenschiebung nicht genügend zu Stande kommen und der verdickte und verhärtete Teil von dem übrigen sich kräuselnden Abschnitt ab-

geknickt werden. Das sind die charakteristischen Bilder der senilen Sklerose. Das Auffallende ist, dass im Gegensatz zur Aorta und anderen Gefässen bei dieser senilen Sklerose fettige Degenerationen in der verdickten Intima so gut wie ganz fehlen. Es sind daher auch die Anfänge der Sklerose der Art. radialis mit blossem Auge kaum festzustellen und der Kliniker wird viel früher die Verhärtung des Gefässes fühlen, als der pathologische Anatom sie bei der Sektion demonstriren kann, da die krankhafte oder senile Verdickung der Intima von der physiologischen in den ersten Stadien der Entwicklung makroskopisch nicht zu trennen sein wird. Aber das Mikroskop deckt uns die Unterschiede auf und wir werden auf Grund des von Herrn Hallenberger zusammengetragenen Vergleichsmaterials in allen solchen Fällen, wo vor dem Ende des vierten Jahrzehnts eine stärkere bindegewebige Wucherung zwischen den elastischen Streifen oder an ihrer Innenfläche einsetzt, trotz makroskopisch unveränderten Gefässes eine frühzeitige, gegebenenfalls juvenile Sklerose diagnostiziren können. Solcher Fälle fanden sich unter dem Material des Herrn Hallenberger drei. Sie betrafen ein 12jähr. Mädchen (keine Nephritis, Tod an Verbrennung), einen 25jähr. Bergmann und eine 34jähr. Frau.

Die an der Radialis erhobenen Befunde stimmen im Wesentlichen mit den Befunden an anderen Gefässen überein. Überall finden wir eine sich an den einzelnen Gefässen etwas verschieden gestaltende physiologisch eintretende Verdickung des elastischen Rohres, welche im wesentlichen durch Abhebung elastischer Streifen von der elastischen Lamelle zu Stande kommt. In der Aorta ist diese Abhebung eine sehr reichliche und die äusseren Schichten wandeln sich zur elastisch-muskulösen Schicht um, während die inneren elastischen Streifen (die sog. hyperplastische Schicht von Jores) ungefähr dem Bilde entspricht, wie wir es an der Art. radialis vor uns haben. An allen Gefässen beginnt nach Überschreitung des Höhepunktes des Lebens eine bindegewebige Zersplitterung besonders der inneren Schichten der physiologisch verdickten Intima und eine an feinen elastischen

Fäserchen reiche bindegewebige Wucherung an der Innenfläche, die je nach der Stärke ihrer Entwicklung das Bild der senilen Sklerose mehr oder weniger deutlich hervortreten lässt. Jores hat durchaus Recht, wenn er diese elastisch bindegewebigen Wucherungen innerhalb der elastischen Streifen und an der Innenfläche derselben als charakteristisch für die Sklerose betrachtet. Er glaubt als Ursache derselben eine fettige Degeneration in der physiologisch verdickten Intimaschicht, besonders eine fettige Degeneration der elastischen Streifen ansehen zu müssen. Damit stimmen freilich frühere Untersuchungen von Torhorst wie auch die neuen Untersuchungen von Hallenberger nicht überein, welche die Bindegewebswucherung auch ohne nachweisbare Verfettung oder sonstige Schädigung des elastischen Gewebes auftreten sahen. Suchen wir nur auf Grund der an der Arteria radialis gewonnenen Erfahrungen ein Bild von der Entwicklung der im Laufe des Lebens eintretenden Veränderungen des elastischen Rohres der Gefässe zu geben, so können wir drei Phasen unterscheiden, eine aufsteigende, eine gleichbleibende, eine absteigende. In der aufsteigenden sehen wir eine zunehmende Verdickung des elastischen Rohres durch gleichwertige Materialanbildung sich vollziehen. Sie erreicht ihren Abschluss ungefähr mit dem Abschluss des Längenwachstums des Körpers in der Mitte oder Ende des dritten Jahrzehnts. Für den Kliniker ist das Gefäss in dieser Zeit ein weiches, biegsames Rohr. In der nächsten Periode, die sich über das kräftige Mannesalter von Mitte des dritten bis Ende des vierten Jahrzehnts erstreckt, bleibt das Gefässrohr ziemlich unverändert. Ganz allmählig aber geschieht schon im vierten Jahrzehnt der Übergang in die dritte Periode, in welcher die Verstärkung der Wand durch bindegewebige Wucherungen erfolgt. Dem Kliniker erscheint jetzt das Gefäss härter, weniger biegsam. Dem Wechsel im histologischen Aufbau und klinischen Verhalten entsprechen wie schon lange bekannt auch Änderungen im physikalischen Verhalten. Das aus der Leiche eines Kindes oder einer jugendlichen Person herausgenommene Gefäss ist leicht

dehnbar und selbst bei grosser Dehnung elastisch vollkommen. Das Gefässrohr einer älteren Person aus der dritten Periode ist schwerer dehnbar und nur innerhalb kurzer Dehnungsstrecken elastisch vollkommen. Der Physiker würde sagen, das Gefässrohr der ersten Periode besitzt einen relativ geringen elastischen Widerstand aber eine breite Vollkommenheitsgrenze[1]) (grosse Elastizitätsbreite), z. B. wie Kautschuk; das Gefässrohr der absteigenden Periode besitzt einen sehr hohen elastischen Widerstand aber eine geringe Vollkommenheitsgrenze, z. B. wie Leinenfasern. Aber noch weitere physikalische Unterschiede bestehen zwischen den Gefässen der aufsteigenden und denen der absteigenden Periode. Trennt man die Aorta eines Kindes in der Leiche von ihrer Umgebung und durchschneidet ihre Seitenäste, so zieht sie sich deutlich zusammen, ein Beweis, dass sie sich in der Leiche, noch mehr aber bei der Blutfüllung im Lebenden im gespannten Zustande befand. Es bestand also eine Längsspannung, auf deren Bedeutung Fuchs unsere Aufmerksamkeit gelenkt hat. Die Längsspannung nimmt nun während des Wachstums des Körpers an allen Arterien erheblich zu und erreicht ihren Höhepunkt mit dem Abschluss desselben. Die Periode wachsender Längsspannung fällt also mit unserer aufsteigenden Periode zusammen. Im Alter nimmt die Längsspannung mehr und mehr ab, um schliesslich für viele Arterien = 0 zu werden. Diese Abnahme fällt in unsere absteigende Periode.

Da nun die aufsteigende Periode durch die Anbildung elastischen Gewebes, die absteigende Periode durch die Anbildung kollagenen Bindegewebes charakterisirt ist, so müssen in den physikalischen Eigenschaften dieser Gewebe die physikalischen Differenzen der Gefässe der ersten und dritten Periode begründet sein.

Nach den Untersuchungen von Triepel besitzt in der That das elastische Gewebe einen sehr geringen elastischen Wider-

1) Ich folge hier dem Vorschlag von Triepel „Einführung in die physikalische Anatomie“ p. 18.

stand, aber eine grosse Vollkommenheitsgrenze, das kollagene Bindegewebe einen grossen elastischen Widerstand, aber eine geringe Vollkommenheitsgrenze. Bei beiden Geweben liegt die Vollkommenheitsgrenze dicht unter oder doch nicht weit entfernt von der Festigkeitsgrenze.

Warum verwendet nun die Natur zur Verstärkung der Arterienwand in der aufsteigenden Periode das eine, in der absteigenden das andere Material?

Wie Fuchs nachgewiesen, erhalten alle Arterien mit dem Wachstum des Körpers eine grössere elastische Längsspannung. Welche Ursachen diese grössere elastische Längsspannung im einzelnen Falle bedingen, ob eine Differenz zwischen Längenwachstum des Körpers und der Gefässe oder der in der verstärkten Durchfliessung gegebene Wachstumsreiz, das bleibe dahin gestellt.

Der zunehmende tangential und axial wirkende Zug oder Druck wird die Membrana elastica der Kinder dehnen und in erhöhte Spannung versetzen, so lange die elastische Vollkommenheit gewahrt ist. Die erhöhte Spannung wirkt als formativer Reiz ein und bedingt eine Verdickung des elastischen Rohres durch Anlagerung gleichwertigen elastischen Materials. Dadurch wird unter Erhaltung der elastischen Vollkommenheit der elastische Widerstand erhöht. Diese Erhöhung ist notwendig, damit die wachsende Blutmenge unter erhöhtem Druck in ungefähr gleicher Zeit durch das weitere und längere Gefässrohr hindurchfliessen kann. Die Verdickung des elastischen Rohres ist also ein Anpassungsprozess an die erhöhten Anforderungen, welche an das wachsende Gefäss gestellt werden. Jede dauernde Erhöhung der Spannung bedingt Zuwachs von elastischem Gewebe. Es wird ganz von der Stärke der Entwicklung, welche die einzelnen Organe, Extremitäten etc. aus inneren oder äusseren Ursachen erreichen, abhängen, ob der Zuwachs an elastischer Spannung und damit auch an elastischer Substanz ein grosser oder geringer sein wird. Jedenfalls wird dieser Prozess im Wesentlichen mit der Wachstumsperiode abgeschlossen sein. Die an und für sich

mehr oder weniger stark gespannten Gefässe unterliegen jetzt nur noch den durch die Pulsation und die Körperbewegung bedingten Schwankungen, welche aber keinen Wachstumsreiz ausüben, da nach Rückkehr des Druckes oder Zuges auf die normale Grösse auch die Spannung wieder sinkt und das elastische Gefässrohr wegen seiner elastischen Vollkommenheit auf die ursprüngliche Form zurückgeht.

Das ändert sich aber in dem Augenblick, wo unter dem Einfluss der dauernden Spannung, der dauernden kleinen Zerrungen oder sonstiger Schädlichkeiten die elastische Vollkommenheit abnimmt und die Nachwirkungen sich geltend machen. Die Folge ist, ähnlich wie an einem dauernd gespannten Kautschukfaden, eine wenn auch noch so geringe Dehnung des Rohres. Es würde nichts nützen durch Anbildung einer dem verloren gegangenen elastischen Widerstand entsprechenden Menge elastischen Gewebes den Schaden beseitigen zu wollen. Denn das Gefässrohr ist bereits überdehnt und würde trotz des neugebildeten elastischen Gewebes bei jedem Pulsschlag entsprechend der Überdehnung über die bisherige Maximalgrenze verlängert werden. Ausserdem würde, da die Pulsexkursionen bei der grossen Dehnbarkeit der geringen Menge neugebildeten elastischen Gewebes die gleichen bleiben, die Abnahme der elastischen Vollkommenheit in dem alten elastischen Gewebe sehr schnell fortschreiten. Soll das verhindert werden, so muss eine viel grössere Menge elastischen Gewebes als der unbrauchbar gewordene Anteil angebaut oder, wenn das der Raum nicht erlaubt, ein Material zur Wandverstärkung benutzt werden, welches einen grösseren elastischen Widerstand besitzt. Das ist das Bindegewebe. Die in der absteigenden Periode eintretende Wucherung des Bindegewebes ist nur der Ausdruck für die allmählige Abnahme der elastischen Vollkommenheit des elastischen Gewebes. *Jede Verminderung der elastischen Spannung bedingt die Entwicklung von Bindegewebe.*

Diese Abnahme der elastischen Vollkommenheit verläuft vielfach ohne sichtbare Veränderung der Struktur. In gewissen Strom-

gebieten, besonders an der Aorta kann sie sich in einer Lockerung der Kittsubstanz und einer Verfettung derselben äussern. Da die ältesten Schichten des elastischen Rohres, d. h. die äusseren am ersten ihre Vollkommenheit verlieren werden, so ist es uns verständlich, warum der atheromatöse Prozess in den äusseren Schichten der relativ dicken Intima der Aorta, also in dem elastischen Grenzstreifen beginnt.

Ferner sprach Herr Dr. H. Schridde über:

Untersuchungen über die Morphologie der Knochenmarks-Riesenzellen.

Unsere Kenntnisse über die einkernigen Riesenzellen des Knochenmarkes sind besonders gefördert worden durch die Untersuchungen von Arnold, Denys, Demarbaix und Heidenhain. Vor allem ist es die eigenartige Struktur des Kernes gewesen, welche das Interesse der genannten Forscher erregt hat. Auch der Aufbau des Zelleibes hat eine aufmerksame Beobachtung gefunden. Besonders in der Heidenhainschen Arbeit „Neue Untersuchungen über die Zentralkörper und ihre Beziehungen zum Kern- und Zellenprotoplasma“ ist diesem Kapitel eine eingehende Bearbeitung zu teil geworden.

Die Mitteilungen, welche ich mir heute zu machen gestatte, befassen sich allein mit dem Baue des Protoplasmas. Ich werde im folgenden von Körnelungen der Megakaryocyten berichten, die für diese Zellen charakteristisch sind und deren Auffindung mir durch meine Azur II. Eosin-Aceton-Methode gelungen ist.

Kurz möchte ich, bevor ich zur Schilderung meiner Befunde übergehe, auf zwei Arbeiten zu sprechen kommen, welche für die von mir zu erledigende Frage inbetracht kommen. Es sind das Abhandlungen von Arnold [1]) und Ceconi [2]). Die beiden

---

1) J. Arnold. Zur Morphologie und Biologie der Zellen des Knochenmarks. Virchows Arch. 1895.

2) A. Ceconi. Ricerche sul midollo funzionante delle ossa. Padua 1895

Autoren erwähnen in ihren Schriften, dass es ihnen gelungen sei, in Knochenmarksriesenzellen mit der Altmannschen Färbung Körner im Protoplasma dieser Zellen nachzuweisen. Arnold sagt darüber: grössere rote Körner kommen in den nach Altmann konservierten und tingierten Objekten in allen grösseren, namentlich auch in Riesenzellen vor und sind durch ihre Beziehungen zu Fäden gekennzeichnet. Ceconi bildet mehrere Knochenmarks-Riesenzellen von Kaninchen und Meerschweinchen ab, in denen meistens relativ wenige rot gefärbte Körnchen in reihenartiger Anordnung zu sehen sind. Durch Zufall ist es mir auch einmal geglückt, im normalen menschlichen Blute eine Knochenmarksriesenzelle anzutreffen, welche ein ähnliches Bild bot wie die von Ceconi bei den erwähnten Tieren beobachteten. Das Präparat war ein Ausstrichpräparat und war mit meiner Müller-Formol-Osmium-Methode fixiert und nach Altmann gefärbt.

Im folgenden möchte ich nun von Befunden berichten, welche ich an menschlichen Megakaryocyten mit Hülfe der Azur II-Eosin-Acetonmethode [1]) gewonnen habe. Die Präparate, welche Kindern, Erwachsenen und greisen Individuen entstammen, sind in Formol und Formol-Müller fixiert. Ausser normalem Knochenmarke habe ich auch Knochenmark bei perniciöser Anämie und lymphoider Leukämie untersucht.

In den gefärbten Schnitten, welche durchweg eine Dicke von 3 μ besitzen, zeigen sich folgende Befunde. Nehmen wir das am meisten vorkommende Bild, so sehen wir die ganze Zelle dicht erfüllt mit leicht schmutzig-karmoisinroten Körnern, welche in ihrer Grösse und in ihrer Farbenreaktion den neutrophilen Granulationen der Leukocyten nahe zu stehen scheinen. Diese Granula finden sich nicht nur in dem den Kern umgebenden Protoplasma, sondern treten in gleicher Weise auch in den Protoplasmateilen auf, welche der gelappte Kern umschliesst.

---

1) Herm. Schridde. Die Darstellung der Leukocytenkörnelungen im Gewebe. Zentralbl. f. allg. Pathol. 1905. 19.



In vielen Fällen oder doch in einer grossen Anzahl ist der ganze Zelleib erfüllt mit diesen Körnchen. In einem ziemlich reichen Prozentsatz der Zellen zeigt sich jedoch, dass ein mehr oder minder breiter Saum von Protoplasma an der Peripherie vollkommen granulafrei ist (Abb. 1, 3, 4). Dieser Saum, welcher sich bei der Färbung ganz schwach bläulich tingiert, scheidet sich auf das schärfste von der inneren, perinukleären, gekörnten Zone, wie das ja auch aus den Abbildungen klar hervorgeht. Gewöhnlich ist die körnchenfreie Randzone in ihrer Breite unregelmässig gestaltet und weist hin und wieder lappige Auswüchse auf (Abb. 1).

Von Heidenhain,[1]) dessen Bilder von Megakaryocyten des Kaninchens eine in die Augen fallende Ähnlichkeit inbezug auf den gröberen Aufbau des Zelleibes mit einigen meiner Befunde

1) M. Heidenhain. Neue Untersuchungen über die Centralkörper und ihre Beziehungen zum Kern- und Zellenprotoplasma. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 43. 1894.

aufweisen, wird ebenfalls eine blasse, homogene Randzone beschrieben, welche als äusseres Exoplasma bezeichnet wird. Heidenhain schildert auch eine dicht dem Kern anliegende, gleich beschaffene Zone beim Kaninchen. Nach meinen Untersuchungen, die ausser an den mit Formol und Formol-Müller behandelten Präparaten auch an nach der Ehrlichschen Vorschrift durch Hitze fixierten Ausstrichpräparaten angestellt wurden, kann ich diese Angaben für den Menschen nicht bestätigen, ebensowenig wie das Vorhandensein eines besonders gestalteten Endoplasmas innerhalb des gelappten Kernes. Auch hier im Inneren des Kernes findet man ganz das gleiche, gekörnte Protoplasma wie in der perinukleären Zone. Trifft man um den Kern herum einen hellen, körnchenfreien Raum, wie er in Abb. 4 dargestellt ist, so handelt es sich hier nach meinen Erfahrungen um ein durch Schrumpfung hervorgerufenes Kunstprodukt. Dafür spricht vor allem auch, dass ich in den Trockenpräparaten niemals ähnliches konstatieren konnte.

Besonders interessante Befunde konnte ich ferner inbezug auf die Lagerung der Granula erheben. Ausser der eben geschilderten, gleichmässig über die ganze körnchenhaltige Zone verbreiteten Anordnung sieht man nicht so selten auch eine Lagerung zu konzentrisch um den Kern geschichteten Reihen und breiten Bändern und Feldern. Besser als jede Schilderung zeigt das die Abbildung 2. In diesen herdförmigen Bezirken sind die Körner, wie man sieht, besonders dicht gelagert, wodurch diese Gebilde noch mehr hervortreten. In verschiedenen Zellen, die ich beobachtet habe, sind die Körner so dicht zu einzelnen Komplexen zusammengelagert, dass eine Auflösung dieser Granulaherde durch das Mikroskop kaum noch möglich ist. Es sieht aus, als ob die ganze Zelle mit sich gegenseitig formenden Schollen erfüllt sei. Man hat hier ein Bild vor sich, welches eine geradezu frappante Ähnlichkeit mit den Nissl-Körperchen in den Ganglienzellen aufweist. In Abbildung 3 ist eine solche Zelle gezeichnet.

Die eben geschilderten Befunde beziehen sich auf Präparate, welche von mit Formol oder Formol-Müller behandelten Gewebs-

stücken des Knochenmarkes gewonnen sind. Es war nun noch die Frage zu lösen, ob auch an Abstrichpräparaten, welche durch Hitze fixiert sind, die Körnelungen in der gleichen Weise darzustellen seien. Die Präparate, welche nur eine Färbezeit von 10—15 Minuten verlangen, zeigen nun ganz dieselben Bilder wie die Paraffinschnitte. Ganz so klar und durchsichtig wie diese sind sie allerdings nicht, wenn auch die Granula in ihnen auf das schönste hervortreten. Dass diese Präparate nicht so klar sind, liegt daran, dass wir hier die Zelle in ihrer ganzen Dicke vor uns haben, während in den Schnitten nur eine Scheibe der Zelle vorhanden ist, die natürlich ein besseres Studium gestattet. Allein man kann doch, wie man sich an den Präparaten überzeugen kann, alle die Eigentümlichkeiten, welche für die Lagerung der Körner inbetracht kommen, in vollkommener Deutlichkeit erkennen. Man sieht auch hier: einmal die gleichmässige Verteilung der Granula, in anderen Zellen wieder die Anordnung zu konzentrisch um den Kern gelagerten Reihen, Bändern und Feldern. Und weiter beobachtet man in gut gelungenen Präparaten an unversehrten Zellen den körnchenfreien Aussensaum. Auf diesen Nachweis der Granula bei der Hitzefixation möchte ich besonderen Wert legen, da diese Präparate die Natur der Körner als echte Granula beweisen.

Die geschilderten Granula der menschlichen Knochenmarksriesenzellen stehen, wie ich das schon sagte, und wie das auch die Trockenpräparate zeigen, sowohl in ihrem Volumen wie auch in ihrem tinktoriellen Verhalten den neutrophilen Granulationen der Leukocyten nahe. Ob man hieraus Schlüsse auf einen Zusammenhang dieser beiden Zellen machen darf, vermag ich heute noch nicht zu entscheiden. Es erscheint mir jedoch fraglich. Die in der Litteratur zu findende Ansicht, dass sich aus den Megakaryocyten Lymphocyten entwickeln sollten, ist wohl durch den Nachweis der charakteristischen Granulationen von vornherein widerlegt.

Die Frage, ob die mit Azur II-Eosin darstellbaren Granula identisch sind mit den Altmannschen Körnern, kann ich noch

nicht mit Sicherheit beantworten, da ich lebenswarm fixiertes, menschliches Knochenmark bisher nicht erlangen konnte. Dagegen zu sprechen scheint mir die Tatsache, dass die Altmannschen Granula nur relativ spärlich vorhanden und nur in einfachen Reihen angeordnet sind. Vielleicht sind die fuchsinophilen Körnchen eine zweite Granulaart, welche sich zwischen den anderen Körnern befindet. Ich komme auf diese Vermutung, weil die Untersuchungen des Herrn Dr. Lobenhoffer zeigen, dass in den Ganglienzellen zwischen den Nissl-Körperchen sich zu einzelnen oder in Reihen angeordnete fuchsinophile Körnchen vorfinden. Sollte sich diese meine Vermutung bestätigen, so wäre die Ähnlichkeit der morphologischen Struktur der Knochenmarksriesenzelle und der Ganglienzelle eine sehr grosse, bis ins Detail gehende. Die Erledigung dieser Frage sowie die ausführliche Wiedergabe meiner in kurzen Worten skizzierten Untersuchungen über die Granula der Knochenmarks-Riesenzellen werden an anderer Stelle erfolgen.

In der anschliessenden Geschäftssitzung wurden gewählt

zum ordentlichen Mitgliede:

Herr Dr. Carl Schaum, a.o. Professor der physicalischen Chemie, bisher a.o. Mitglied der Gesellschaft.

Zu ausserordentlichen Mitgliedern:

Herr Dr. Ernst Neumann, a.o. Professor der Mathematik;
Herr Dr. Heinrich Jung, Privatdocent der Mathematik;
Herr Dr. Hermann Schridde, Privatdocent der pathologischen Anatomie;
Herr Dr. Walter Straub, a.o. Professor der Pharmakologie, Director des pharmakologischen Instituts.

Aufgelegte Schriften:

Winterthur. Schweizerische Naturf. Gesellsch. Verhandlungen. 87. Jahresvers. (1905).

Washington. A. Smithsonian Miscellaneous collections.

a) Titel zu vol. 46.

b) Part of vol. 49 (No. 1584) und 48. Bd. (No. 1574) und 47. Bd. (1559), 46. Bd. (part.).

c) Report of the U. St. Nationalmuseum 1902/3. geb.

B. Department of agriculture. Yearbook 1904. geb.

C. U. S. Geological Survey.

a) Mineral resources f. 1903. geb.

b) 25. Annual report (1903/4). geb.

c) Professional paper No. 29/33, 35, 39.

d) Bulletin No. 234—240, 242, 244/246, 248/250, 252/255, 258/361, 264.

e) Water supply & irrigation Paper No. 99/100, 103, 105/118.

Montana. University Bulletin No. 25/26.

New-York. University. State Museum report 56. 1/4 geb.

Schlesien (Provinz). Gesellsch. f. vaterl. Cultur.

a) Ergänzungsheft zum 81. Jahresbericht.

b) 82. Jahresbericht.

Schleswig-Holstein. Schriften des naturwiss. Vereins. VIII. 1. Heft.

Tokyo. a) Annotationes zoologicae jap. V. Bd. 4°.

b) Mittheilungen der mediz. Fakultät. VI. Bd. 3.

Toscana. Societa di scienze naturali. Atti XIV. No. 8.

Upsala. a) Bulletin of the geolog, institution of the University. VI. Bd. No. 11/12.

b) Svenska Vetenskaps akademien i Stockholm.

1) Arkiv för Kemi etc. II. Bd. 1. H.

2) „ „ Zoologi. II. Bd. 3. H.

3) „ „ Botanik. IV. Bd. 1/3.

Urbana (Illinois). Bulletin of the Illinois laboratory. VII. Bd. 4. Heft.

Wien. a) Verhandl. der geol. Reichsanstalt 1905. No. 6—9.

b) Schriften des Vereins zur Verbreitung etc. 45. Bd.

Washington. Carnegie Institution.
a) Castle, Heredity of Coat characters etc.
b) Macdougal, Mutants & hybrids etc.
c) Shall, Stages in the development etc.

Boston. Amer. Academy of arts & Sciences Proceedings. 40. Bd. No. 23/24. 41. Bd. No. 1/11.
Monthly list of publications. No. 516/517 u. 520.
Resource map Dominion of Canada.
Ontario Windsor sheet.

Amsterdam. a) Verhandelingen der K. Akademie van Wetenschappen II. Sect. XI. Th. und XII. Th. No. 1/2. XIII. Th. No. 1/2. I. Sect. IX. Th. No. 1. (1904/5) sowie
b) Jaarboek 1904.

Basel. Verhandl. der naturf. Gesellsch. XVIII. Bd. Heft 1. (1905).

Belgien. Bulletin de la société géologique. XXXI. Bd. 1903/4. Liège.

Besztencze. 30. Jahresber. der Gewerbelehrlingsschule. (1905).

Bonn. a) Sitzungsberichte der Niederrh. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde. 1904 2. Hälfte, 1905 1. Hälfte. (1905).
b) Verhandlungen des naturhist. Vereins der preuss. Rheinlande. 61. Jahrg. 2. Hälfte u. 62. Jahrg. 1. Hälfte. (1905).

Braunschweig. Programm der herzogl. techn. Hochschule für 1905/6. (1905).

Brooklyn N. Y. Cold spring harbor monographs 4 u. 5. (1905).

Buenos Aires. a) Veröffentlichungen d. dtsch. akad, Vereinigung. I. Bd. 8. Heft. (1905).
b) Boletin de la Academia nacional de Ciencias en Cordoba. XVII. Bd. 4. (1904).
c) Anales del museo nacional de B. A. III. Ser. IV. Bd. (1905).
d) Demografia de la provincia de B. A. Anno 1900 u. 1902. (La Plata 1905).

California. Annonncement of the University publications. (Berkeley 1904).

Chicago. Academy of sciences. a) Special publication. No. 1.
b) Buletin No. III. 2. Th. II. No. IV. (1901/2).

Boston. The American naturalist No. 463—466.

Chapel Hill. Journal of the E. Mitchell scientific society. XXI. Bd. No. 2.

Danzig. Schriften der naturf. Gesellsch. N. F. XI. Bd. 3. Heft. (1905).

Darmstadt. Notizblatt des Vereins f. Erdkunde. IV. Folge. 25. Heft. (1904).

Dresden. Sitzungsberichte u. Abhandl. der Gesellschaft Flora. N. F. 8. Jahrg. (1903/4).

Dürkheim a. H. Mittheilungen der Pollichia No. 20/21. (1904/5).

Fiume. Mittheil. des naturwiss. Clubs. XI. Jahrg. (1904).

Frankfurt a./M. Senkenbergische naturf. Gesellschaft.
a) Abhandlungen. 27. Bd. Heft 4.
b) Bericht f. 1905.

Giessen. 34. Bericht der oberhess. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde. (1905).

Greifswald. a) Naturwiss. Verein. Mittheilungen. 36. Jahrg. (1904).
b) Geograph. Gesellsch. IX. Jahresbericht. (1903/5).
c) Derselben 20. Excursion (nach Helgoland).

Haarlem. Archives du musée Teyller. II. Ser. IX. vol. (1905).

Halle a./S. a) Leopoldina. 46. Heft. No. 7—9.
b) Verein für Erdkunde. Mittheilungen 1905.

Kristiania. Den Norske Sindssygelovgivning. 1901.

Lima. Boletin del cuerpo de ingenieros de minas del Perú. No. 24. (1905).

Limoges. a) Ch. Janet observations sur les fourmis. 1904.
b) Do Description d'une petite installation scientifique 1. partie. 1903.

Linz a. D. Museum Francisco-Carolinum. 63. Jahresber. 1905.

Bergen's Museum Aarborg 1905. Bergen 1905.

Bergen's Museum An account of the Crustacea of Norway by G. O. Sars. V. Bd. IX. u. X. Theil. Bergen 1905.

Frankfurt a./O., naturw. Verein. Helios. XXII. Bd. Berlin 1905.

Canada. Institut. Transactions No. 16 (VIII. Bd.). Toronto.

Cassel. Verein für Naturkunde. Abhandlungen und Bericht No. 49 Cassel 1905.

Greifswald. Naturw. Verein. Mittheilungen. 35. Jahrgang. 1903. Berlin 1904.

Dresden. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde. Jahresbericht 1904/1905. München 1905.

Dresden. Isis. Sitzungsberichte und Abhandlungen. Jahrgang 1905. I. Semester. Dresden 1905.

Karlsruhe. Naturw. Verein. Verhandlungen. 18. Bd. Karlsruhe 1905.

Napoli. Accademia delle scienze fisiche etc. Rendiconto. III. Ser. IX. Bd. 4—7 fasc. Napoli 1905.

Perù. Cuerpo de Ingenieros etc. Boletin No. 25. Lima 1905.

Napoli. Accademia della scienze fisiche. Atti II. Ser. XII. Bd. 4⁰. Napoli 1905.

Philadelphia. Acad. of natur. sciences. Proceedings 57. Bd. II. Theil. Philadelphia 1905.

Roma. R. Accad. dei Lincei. Atti 5. Ser. 14. Bd. 8/9 fasc. Roma 1905.

Sao Paulo. Sociedade scientifica. Revista No. 2. Sao Paulo 1905.

Stavanger Museum. Aarshefte for 1904. (15. Aargang). Stavanger 1905.

Stockholm. Svenska vetenskaps akademien. Arkiv för matematik. II. Bd. Heft 1/2. Upsala 1905.

Stockholm. Svenska vetenskaps akademien. Arkiv för Botanik. 4. Bd. Heft 4. Upsala 1905.

Washington. U. St. geolog. Survey. Water-Supply and Irrigation Paper No. 119/122, 124, 126, 128, 132. Washington 1905.

Washington. U. St. geolog. Survey. Bulletin No. 243 und 257. Washington 1905.
Washington. U. St. geolog. Survey. Monographs. 47. Bd. 4⁰ geb. Washington 1904.
Wien. Naturhist. Hofmuseum. Annalen. Jahresbericht für 1903. Wien 1904.
Wien. K. k. geologische Reichsanstalt. Verhandlungen 1905. No. 10/12. Wien 1905.
Wien. Deutsch-österr. Orientclub „der Orient.“ Jahrbuch. VII. Jahrg. (Serbien unter Peter I.). Berlin 1905.
Wiesbaden. (Nass. Verein für Naturkunde. Jahrbücher. 58. Jahrg. Wiesbaden 1905.
Wisconsin University. Bulletin No. 108. Madison 1904.
Proceedings of the Acad. of arts and sciences. 41. Bd. 12/13.
Augustana library. Publications No. 4. Rock Island 1905.
5. Internationaler geburtshilfl. gynäk. Kongress. St. Petersburg 1905.
The American Naturalist. 39. Bd. No. 467. Boston 1905.
The Rumford Fund of the Americ. Acad. of arts. Boston 1905.
Museum für Natur- und Heimatkunde. Abhandlungen und Berichte. Magdeburg. Bd. I. Heft 1. 1905.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Jahrgang 1906.

Marburg.
R. Friedrich's Universitäts-Buchdruckerei (Inhaber Karl Gleiser).
1907.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Jahrgang 1906.

Marburg.
R. Friedrich's Universitäts-Buchdruckerei (Inhaber Karl Gleiser).
1907.

Inhalts-Angabe.

Verzeichniss der Mitglieder*)

(am Schluss des Jahres 1906).

Ehrenmitglieder.

Retzius, *Gustav*, Prof. emerit. der Anatomie, Stockholm . . 18. 1. 99.
Marchand, *Felix*, Dr. med., o. Prof. der path. Anat., Geh. Med.-Rat, Leipzig . . . . 9. 1. 01.
Hittorf, *Wilhelm*, Dr. phil., o. Prof. der Physik, Geh. Reg.-Rat, Münster . . . . 19. 11. 01.

Einheimische Mitglieder.

A) Ordentliche.

Ahlfeld, *Friedrich*, Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rat . . . . 11. 7. 83.
Bach, *Ludwig*, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie . . 28. 11 00.
Bauer, *Max*, Dr. phil., o. Prof. d. Mineralogie, Geh. Reg.-Rat 11. 3. 85.
v. Behring, *Emil*, Dr. med., o. Prof. d. Hygiene, Wirkl. Geh. Rat 15. 5. 95.
Beneke, *Rudolf*, Dr. med., o. Prof. d. pathol. Anatomie . . 14. 11. 06.
Bonhoff, *Heinrich*, Dr. med., o. Prof. der Hygiene 9. 3. 04 (8. 11. 99.)
Disse, *Joseph*, Dr. med., a.o. Prof. d. Anatomie u. I. Prosector 13. 11. 95.
Feussner, *Wilhelm*, Dr. phil., a.o. Prof. der Physik . . . 14. 7. 81. (10. 6. 69.)
Fischer, *Theobald*, Dr. phil., o. Prof. d. Geographie, Geh. Reg.-Rat 28. 11. 83.
Gasser, *Emil*, Dr. med., o. Prof. d. Anatomie, Geh. Med.-Rat 27. 1. 88. (16. 7. 74.)
Heffter, *Arthur*, Dr. med. et phil., o. Prof. d. Pharmakologie 14. 11. 06.
Hensel, *Kurt*, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik . . . . 10. 12. 02.
Kayser, *Emanuel*, Dr. phil., o. Prof. der Geologie . . . . 13. 1. 86.
Kohl, *Friedrich Georg*, Dr. phil., a.o. Prof. der Botanik . . 13. 11. 95. (6. 8. 84.)
Kohlrausch, *Friedrich*, Dr. phil., Präsident der physikalisch-technischen Reichsanstalt a. D. . . . . 8. 2. 05.
Korschelt, *Eugen*, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie . . . . 26. 7. 93.
Küster, *Ernst*, Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Geh. Med.-Rat 4. 11. 91.
Mannkopff, *Emil*, Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., Geh. Med.-Rat 8. 5. 67.
Meyer, *Arthur*, Dr. phil., o. Prof. der Botanik . . . . . 4. 11. 91.
Ostmann, *Paul*, Dr. med., a.o. Prof. der Otologie . . . . 13. 11. 95.
Rathke, *Bernhard*, Dr. phil., o. Hon.-Prof. der Chemie . . 14. 3. 84.
Richarz, *Franz*, Dr. phil., o. Professor der Physik . . . . 15. 5. 01.
Schaum, *Carl*, Dr. phil., a.o. Professor der physical. Chemie (11. 8. 97.) 13. 12. 05.
Schenck, *Friedrich*, Dr. med., o. Professor der Physiologie . 15. 5. 01.

---

*) Die Daten bedeuten den Tag der Ernennung, die in Parenthese gesetzten Daten den Tag der Ernennung zum ausserordentlichen Mitglied.

Schmidt, *Ernst*, Dr. phil., o. Prof. d. pharm Chem., Geh. Reg.-Rat	11. 3. 85.
Tuczek, *Franz*, Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie, Geh. Med.-Rat	15. 5. 95. (14. 3. 90.)
Zincke, *Theodor*, Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, Geh. Reg.-Rat .	13. 1. 76.

B) Ausserordentliche.

Brauer, *Ludolf*, o. Prof. d. Med., Director d. medic. Klinik	14. 12. 04.
v. Dalwigk, *Friedrich*, Dr. phil., Privatdoc. der Mathematik	9. 5. 00.
v. Drach, *Alhard*, Dr. phil., a.o. Prof. der Mathematik . .	11. 7. 66.
Fries, *Carl*, Dr. phil., Abteilungsvorsteher am chem Institut	9. 3. 04.
Haselhoff, *Emil*, Dr. phil., Director d. landw. Versuchsstation	11. 2. 03.
Hess, *Otto*, Dr. med., Privatdoc. d. inn. Med., Oberarzt d. med. Klin.	25. 6. 02.
Hildebrand, *Heinrich*, a.o. Professor der Medicin	14. 12. 04.
Jahrmärker, *Max*, Dr. med., Privatdoc., Oberarzt d. psychiatr. Klin.	9. 2. 04.
Jung, *Heinrich*, Dr. phil., Privatdocent der Mathematik .	13. 12. 05.
Küttner, *Hermann*, Dr. med., o. Professor der Chirurgie . .	2. 8. 05.
Kutscher, *Friedrich*, Dr. med., Privatdocent der Physiologie	16. 2. 98.
Lohmann, *Alfred*, Dr. med., Privatdocent der Physiologie	8. 2. 05.
Lorenz, *Theodor*, Dr. phil., Privatdocent der Geologie . . .	14. 11. 06.
Meisenheimer, *Johannes*, Dr. phil., Priv.-Doc. der Zoologie	16. 2. 98.
Neide, *Ernst*, Dr. phil.	13. 1. 04.
Neumann, *Ernst*, Dr. phil., a.o. Professor der Mathematik .	13. 12. 05.
Oestreich, *Carl*, Dr. phil., Privatdocent der Geographie . .	9. 3. 04.
Opitz, *Erich*, Dr. med., a.o. Professor der Medicin	13. 1. 04.
Reissert, *Arnold*, Dr. phil., Privatdocent d. Chemie, Professor	11. 2. 03.
Rieländer, *August*, Dr. med., Privatdocent der Gynaekologie	13. 6. 06.
Römer, *Paul*, Dr. med., Privatdocent der Hygiene, Abteilungsvorsteher am hygienischen Institut	9. 2. 04.
Rupp, *Erwin*, Dr. phil., Privatdocent der Chemie, Professor, Abteilungsvorsteher am pharmaceut.-chemischen Institut	14. 12. 04.
Schmidt, *Carl*, Dr. phil., Reg.-Rath a. D.	19. 6. 01.
Schulze, *Franz Arthur*, Dr. phil., Privatdocent der Physik .	31. 7. 01.
Schwantke, *Arthur*, Dr. phil., Assistent am mineral. Institut	21. 6. 99.
Seddig, *Max*, Dr. phil., Assistent am physicalischen Institut	17. 6. 03.
Siebert, *Carl*, Dr. phil., Chemiker	14. 5. 02.
Thumb, *Albert*, a.o. Prof. der indogermanischen Sprachen .	14. 2. 06.
Tönniges, *Carl*, Dr. phil., Assistent am zoolog. Institut . .	16. 2. 98.
Weidenmüller, *Carl*, Dr. phil., Gymn.-Oberlehrer a. D., Prof.	14. 4. 82.
Zumstein, *Jacob*, Dr. med., Priv.-Doc. d. Anat., Prof., 2. Prosector	16. 2. 98.

Auswärtige Mitglieder.*)

Ach, *Narciss*, Dr. med. et phil., Professor, Privatdocent der der Philosophie, Berlin	(8. 2. 05.)

*) Die mit einem * bezeichneten sind correspondirende, die sämmtlichen übrigen ehemalige einheimische Mitglieder.

Aschoff, Ludwig, o. Prof. d. patholog. Anatomie, Freiburg i. Br.	17. 6. 03.
Axenfeld, Theodor, Dr. med., o. Prof. d. Ophthalm., Freiburg i. Br.	(15. 1. 96.)
Barth, Adolf, Dr. med., o. Prof. der Otologie, Leipzig . . .	4. 11. 91.
Barth, Arthur, Dr. med., Prof., Oberarzt, Danzig	(13. 11. 95.)
Böhm, Rudolf, Dr. med., o. Prof. d. Pharmak., Geh. Med.-Rat, Leipzig	20. 5. 81.
Borrmann, Rob., Dr. med., Priv.-Doc. d. path. Anatomie, Göttingen	(14. 5. 02.)
Brauer, August, Dr. phil., a.o. Professor, Director des naturhistorischen Museums, Berlin	17. 5. 99. (17. 6. 96.)
Braun, Ferdinand, Dr. phil., o. Prof. der Physik, Strassburg	(8. 2. 78.)
Braun, Heinrich, Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Geh. Med.-Rat, Göttingen	14. 3. 90.
Brauns, Reinhard, Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Kiel .	(27. 1. 88.)
Buchholz, Albert, Dr. med, Prof., Oberarzt, Hamburg . .	8. 12. 97.
Busz, Carl, Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Münster . .	(19. 6. 95.)
Debus, Dr. phil., Prof., Cassel	(16. 11. 59.)
Dietrich, Theodor, Dr. phil., Prof., Geh.-Reg.-Rat, Hannover	(15. 1. 96.)
Dohrn, Rudolf, Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rat, Dresden	10. 2. 64.
Drevermann, Fritz, Dr. phil., Frankfurt	11. 2. 03.
Enderlen, Eugen, Dr. med., Professor der Chirurgie, Basel	12. 2. 97.
Falk, Ferdinand, August, Dr. med., a.o. Prof. d. Pharmakol., Kiel	28. 4. 75.
Fraenkel, Carl, Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Halle . . .	4. 11. 91.
Fritsch, Paul, Dr. phil., Prof., Berlin	(24. 4. 96.)
Fürstenau, Eduard, Dr. phil., Geh. Reg.-Rat, Berlin . . .	(25. 4. 60.)
Gadamer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. d. pharmaceut. Chemie, Breslau	(9. 3. 98.)
Goebel, Carl, Dr. phil., o. Prof. der Botanik, München . .	27. 1. 88.
Heine, Leopold, Priv.-Doc. der Ophthalmologie, Breslau . .	(18. 1. 99.)
Hermann, Theodor, Dr. phil., Hanau	(2. 7. 68.)
Hess, Carl, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmol., Würzburg	11. 11. 96.
Heusler, Fritz, Dr. phil., Dillenburg	8. 2. 05.
v. Koenen, Adolf, Dr. phil., o. Prof. der Geologie, Geh. Berg-Rat, Göttingen	28. 4. 75.
Kossel, Albrecht, Dr. med., o. Prof. der Physiol., Heidelberg	15. 5. 95.
Krehl, Ludolf, Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., Strassburg	8. 11. 99.
Küster, Fr. Wilh., Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, Klausthal .	(26. 7. 93.)
Loewi, Otto, Dr. med., a.o. Prof. der Pharmakologie, Wien	15. 5. 01.
Lotz, Heinrich, Dr. phil., Geologe, Berlin	(13. 12. 99.)
Mannel, Gottfried, Dr. med., Geh. Hofrat, Arolsen	(31. 8. 64.)
Meyer, Hans, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Wien	11. 3. 85.
Müller, Friedrich, Dr. med., o. Prof. d. inn. Medicin, München	26. 7. 93.
Nebelthau, Eberhard, Dr. med., a.o. Prof. d. inn. Med., Halle a. S.	26. 4. 98. (15. 5. 95.)
Noll, Alfred, Dr. med., a.o. Prof., Jena	(16. 2. 98.)

Pfannkuch, Wilh., Dr. med., pract. Arzt, Cassel . . . . . (17. 1. 72.)
Pfeffer, Wilhelm, Dr. phil., o. Prof. d. Botanik, Geh.Hofrat, Leipzig (27. 4. 71.)
Plate, Ludwig, Dr. phil., Priv.-Doc. der Zoologie, Prof., Berlin (27. 1. 88.)
Plenge, Enriquez, Dr. med., Heidelberg . . . . (7. 3. 99.)
Ransom, Frederick, Dr. med. . . . . (7. 3. 99.)
**Rehn, Joh. Heinrich*, Dr. med. San.-Rat, Frankfurt. a. M. 26. 11. 80.
Rein, Johannes, Dr. phil., o. Prof. d. Geogr., Geh. Reg.-Rat, Bonn 1. 12. 76.
Ribbert, Hugo, Dr. med., o. Prof. d. pathol. Anatomie, Bonn 20. 6. 00.
Romberg, Ernst, Dr. med., o. Prof. der klin. Medicin, Tübingen 20. 6. 00.
Rost, Eugen, Dr. med., Hülfsarb. am Reichs-Gesundh.-Amt, Berlin (16. 2. 98.)
Rubner, Max, Dr. med., o. Prof. d. Hyg., Geh. Med.-Rat, Berlin 13. 1. 86.
Rumpf, Theodor, Dr. med., Prof., Bonn . . . . 14. 3. 90.
Ruppel, Wilhelm, Dr. phil., Prof., Höchst . . . . (18. 7. 00.)
Schell, Wilhelm, Dr. phil., o. Prof. d. Math, Geh. Rat, Karlsruhe 29. 4. 57. (13. 2. 56.)
Schenck, Rudolf, Dr. phil., o. Prof. d. phys. Chemie, Aachen (11. 8. 97.)
Schmidt-Rimpler, Hermann, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Halle . . . . 15. 11. 71.
Schottelius, Max, Dr. med., o. Prof. d. Hyg., Hofrat, Freiburg i. B. (11. 7. 79.)
Schridde, Hermann, Dr. med., Privatdoc. d. pathol. Anatomie, Freiburg i. Br. . . . . (13. 12. 05.)
Seemann, John, Dr. med., Privatdoc. d. Physiologie, Giessen 5. 6. 02.
Siemens, Friedrich, Dr. med., Geh. Med.-Rat, Dir. d. Landesirrenanstalt Lauenburg i. P. . . . . (19. 12. 79.)
**Speck, Carl*, Dr. med., San.-Rat, Kreis-Physik., Dillenburg 5. 4. 71.
Strahl, Hans, Dr. med., o. Prof. der Anatomie, Giessen . . 27. 1. 88. (14. 12. 80.)
Straub, Walther, Dr. med., o. Prof. d. Pharmakol., Würzburg (13. 12. 05.)
Study, Eduard, Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Bonn . . (14. 3. 90.)
Uhthoff, Wilhelm, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau . . . . 4. 12. 91.
Weber, Heinrich, Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Strassburg 11. 3. 85.
Wendel, Walther, Dr. med., Professor, Director des städtischen Krankenhauses Magdeburg-Sudenburg . . . . . . (12. 2. 02.)
Wernicke, Erich, Dr. med., Prof., Director des hygien. Instituts in Posen 16. 2. 98. (10. 2. 97.)
Wüllner, Adolf, Dr. phil., o. Prof. der Physik, Geh. Reg.-Rat, Aachen . . . . (8. 12. 58.)

Der Vorstand.

M. Bauer, Vorsitzender. *J. Disse*, Ständiger Schriftführer.

Engerer Ausschuss.

E. Korschelt, Stellvertretender Vorsitzender, *F. Richarz*, *F. Schenk*.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 1 **Januar** **1906**

In der Sitzung vom 24. Januar 1906 sprach Herr Prof. Disse:

Über das Verhalten des Schleims im Magen von Neugeborenen.

Wenn nach der Geburt die Nahrungsaufnahme beginnt, wird der gesammte Verdauungsapparat fast ebenso sehr, wie die äussere Haut, für die Gegenstände zugänglich, die in der Umgebung des Neugeborenen vorkommen. Nicht nur die eingeführte Nahrung gelangt vom Mund aus in den Verdauungstractus hinein; ihr mischen sich Fremdkörper aller Art bei, die mit der Luft eingeatmet werden, oder die mit Geräthen, durch die eigenen oder durch fremde Hände in den Mund eingeführt werden und hier liegen bleiben. Besonders gilt das von kleinsten Partikeln, die dem Staube beigemischt sind; und unter diesen interessieren uns vornehmlich pathogene Bakterien. Ein Teil davon wenigstens gelangt, mit heruntergeschlucktem Speichel oder mit der Nahrung, in den Magen hinein.

Was nun in der Mundhöhle, oder auch im Magen oder im Darm befindlich ist, liegt noch nicht innerhalb des Organismus; es befindet sich auf dessen nach Innen gekehrter Oberfläche. Ob es für eine Bakterienart z. B. möglich ist, von dieser Oberfläche aus in den Organismus zu gelangen, hängt von Umständen

ab; es giebt Einrichtungen, die das Eindringen begünstigen, und andere, die es erschweren. Als begünstigende Momente müssen wir kleine Defecte, kleine Lücken in dem zusammenhängenden inneren Überzuge der Schleimhaut des Verdauungstractus, also in ihrem Epithel, betrachten; an bestimmten Stellen, z. B. an den Gaumen- und den Rachenmandeln, gelegentlich schon an der Innenfläche der Unterlippe. ferner an bestimmten Regionen des Dünndarms und des Dickdarms, wird das Epithel von Zügen durchwandernder Zellen aufgelockert, porös gemacht, so dass es von vielen feinen Gängen durchbohrt erscheint. In dieses Lückensystem gelangte Bakterien können das Epithel durchdringen, die tiefer gelegenen Lymphbahnen erreichen, und durch den Saftstrom in der Nachbarschaft verbreitet werden; sie können auch in Blutgefässe eindringen und durch den Blutstrom überall hin verschleppt werden.

An den meisten Punkten der innern Oberfläche dagegen wird das Eindringen von Fremdkörpern, besonders von Bakterien, erheblich erschwert; wir treffen hier Schutzvorrichtungen an, die die Einwanderung fremder Elemente hintanhalten. Innerhalb der Mundhöhle, und in der Speiseröhre, ist das Epithel verhornt, und die relativ dicke verhornte Lage lässt nichts passiren; innerhalb der Atmungsorgane, vom Eingange des Kehlkopfs ab liegt auf dem Epithel eine Lage von Schleim auf, welche mechanisch die darauf treffenden kleinsten Fremdkörper festhält, einhüllt, und mitnimmt, wenn der Schleim herausbefördert wird.

Auch im Magen und im Darmkanal finden wir in der Regel eine schützende Schleimlage vor; besonders im Magen, in dem ja Alles, was hineingelangt, längere Zeit liegen bleibt, ist diese Schleimlage charakteristisch entwickelt. Sie bildet einen wesentlichen Bestandteil des Epithels der Magenschleimhaut. Die Schleimhaut verläuft nicht glatt, sondern ist in zahlreiche Falten gelegt, so dass sich die Oberfläche bedeutend vergrössert; diese Vergrösserung wird nun noch dadurch gesteigert, dass auf jeden Quadratmillimeter der Schleimhaut eine Anzahl feiner, kegelförmiger Vertiefungen kommt, die Magengrübchen.

Jeder Durchschnitt der Magenschleimhaut trifft eine Anzahl dieser Grübchen; dieselben erscheinen durch wallartige Schleimhautpartieen getrennt, welche man als die Leisten der Schleimhaut bezeichnet. Auf dem Durchschnitt erscheint demnach die Oberfläche der Schleimhaut nicht eben, sondern wellig; die Täler sind die Durchschnitte der Magengrübchen. In jedes Magengrübchen mündet eine Anzahl schlauchförmiger Drüsen ein. Zwischen den Drüsen liegen durch spärliches Bindegewebe verbunden, die Blutgefässe der Schleimhaut; ganz an der äusseren Fläche treffen wir vorwiegend kleine Arterienäste, in der Mitte das Capillarsystem, während die Anfänge der Venen die Magengrübchen umgeben und im Bereich der Leisten dicht an das Oberflächenepithel herangehen. Vielfach sitzt das Epithel der Magenschleimhaut direkt der Wand einer feinen Vene auf. Die Lymphbahnen der Magenschleimhaut dagegen, weniger zahlreich als die Venen, bleiben weiter vom Oberflächenepithel entfernt. Die innerste Lage der Magenschleimhaut, die das Lumen unmittelbar begrenzt, wird von dem Epithel gebildet; dieses überzieht die Leisten, kleidet die Grübchen aus und steht an deren Grunde im Zusammenhang mit dem Epithel der Magendrüsen. Das Epithel wird durch eine einzige Lage hoher prismatischer Zellen gebildet, deren jede einen elliptischen Kern besitzt. Der Kern, vom Protoplasma umgeben, nimmt den basalen Abschnitt der Zelle ein, der von der Lichtung des Magens entfernt ist; der obere, dieser Lichtung zugekehrte Abschnitt jeder Zelle ist mit S c h l e i m gefüllt; man kann sagen, das Protoplasma ist hier in Schleim umgewandelt. Die Höhe des in Schleim umgewandelten Zellabschnittes ist etwas wechselnd, aber immer beträchtlich; sie beträgt etwa die Hälfte der Gesammthöhe einer Zelle, oft aber noch mehr.

Die in Schleim umgewandelten Bezirke der Epithelzellen bilden, unmittelbar nebeneinanderliegend, eine ununterbrochene, dicke Schleimschicht. Diese begrenzt die Lichtung des Magens, überzieht die Leisten und kleidet die Magengrübchen aus; sie schützt das Zellprotoplasma und die unter dem Epithel befind-

lichen Gewebe vor dem Eindringen von Schädlingen, und hält besonders Bakterien zurück. So lange diese Schleimlage vorhanden ist, namentlich so lange sie keine Unterbrechung aufweist, stellt sie einen Schutzwall dar, der die bakterielle Infektion des Organismus vom Magen her verhindert.

Besteht aber diese Schutzeinrichtung für die Magenschleimhaut schon zur Zeit der Geburt? Und ist sie, wenn sie vorhanden ist, schon in der Vollständigkeit entwickelt, in der sie später angetroffen wird? Wir sind berechtigt, diese Frage aufzuwerfen, weil Beobachtungen vorliegen, aus denen eine grössere Durchlässigkeit der Magenschleimhaut beim Neugebornen hervorgeht; so werden z. B. Antitoxine verschiedener Art, die der Milch beigemischt sind, von neugebornen Tieren vom Magen aus resorbirt, nach einigen Wochen aber nicht mehr durchgelassen. Ein gleiches ergab sich für bestimmte Bakterien; Fütterung älterer Meerschweinchen mit sporenfreien Milzbrandbacillen bewirkt keinerlei Schädigung der Versuchstiere; es erfolgt keine Infection des Organismus, wenn die Schleimhaut des Verdauungstractus unverletzt ist. „Werden dagegen ganz junge Meerschweine auf eben dieselbe Art mit Milzbrandbacillen gefüttert, dann gehen die Bacillen in die Blutbahn über, und wenn man zur Fütterung virulentes Material verwendet hat, dann sterben sie ebenso an Milzbrand wie nach einer subcutanen Infection.“ (v. Behring, Beiträge zur experimentellen Therapie, Heft 8. S. 39).

Der gesteigerten Durchlässigkeit der Magenschleimhaut bei Neugebornen entspricht ein besonderes Verhalten in anatomischer Hinsicht. Die Schleimlage, die im späteren Leben dick und überall gleichmässig gut entwickelt gefunden wird, ist zur Zeit der Geburt noch ungleichmässig ausgebildet. Sie fehlt in einzelnen Abschnitten der Schleimhaut, während sie in andern zwar vorhanden ist, aber aus dünnen, noch von einander getrennten Portionen besteht. Neben den Regionen mit unvollständig ausgebildeter Schleimlage findet man aber gewöhnlich ausgedehnte Schleimhautpartieen im Magen des Neugebornen mit gut ent-

wickelter Schleimschicht versehen, die sich ähnlich verhält wie im Magen des Erwachsenen. Der Schleim fehlt also beim Neugebornen nicht im Epithel des Magens; aber er ist nicht überall vorhanden, und da, wo er vorkommt, ist er von wechselnder Mächtigkeit. Gegenüber dem Verhalten beim Erwachsenen ist die Schleimlage beim Neugebornen unterbrochen; sie ist ferner von ungleichmässiger Ausbildung.

Bei einzelnen Neugebornen liessen sich in der Magenschleimhaut schleimarme und ganz schleimfreie Bezirke nachweisen.

A. Schleimarme Partieen. Die Epithelzellen enthalten Schleim, sowohl auf den Leisten wie innerhalb der Magengrübchen; das Quantum von Schleim aber, das in der einzelnen Zelle liegt ist sehr gering.

Wir finden in den Epithelzellen auf den Leisten der Schleimhaut, sowie in denjenigen, die die Magengrübchen auskleiden, je einen Schleimpfropf, der die Form einer Kugel oder einer biconvexen Linse hat. Der Schleimpfropf liegt am freien Ende der Epithelzelle zunächst der Lichtung des Magens, er schliesst das Protoplasma der Zelle gegen den Inhalt des Magens ab. Die einzelnen Schleimpfröpfe selbst sind, in der Zellenachse gemessen, dünn; ihr Durchmesser schwankt zwischen $^{1}/_{10}$ und $^{1}/_{6}$ der Höhe der Zelle. Dabei liegen dünnere und dickere Schleimpfröpfe vielfach unmittelbar nebeneinander, und die Schleimlage erscheint an ihrer dem Zellprotoplasma zugewandten Fläche unregelmässig begrenzt, indem die dickeren Schleimpfröpfe vorspringen. Während auf Durchschnitten die Schleimpfröpfe einander unmittelbar zu berühren scheinen, erweisen Flächenansichten des Epithels, dass dieses nicht der Fall ist. Die Schleimpfröpfe, welche den centralen Abschnitt der freien Fläche der Zellen einnehmen, werden von dem randständigen Protoplasma umfasst, wie von einem feinen Saum umgeben, und durch diese Protoplasmaringe von einander getrennt. Man kann also die einzelnen Schleimpfröpfe, die in einem aus Protoplasma bestehenden Netzwerk liegen, zählen; die Schleimlage darf als „unterbrochen“ bezeichnet

werden, wenn auch die unterbrechenden Protoplasmafäden äusserst dünn sind.

Nun ist es von grosser Wichtigkeit, dass die dünnsten Schleimpfröpfe gerade in denjenigen Zellen angetroffen werden, die die Leisten der Magenschleimhaut überziehen, die also gleichsam in das Lumen des Magens vorspringen, und am ersten mit dem Inhalt in Berührung kommen müssen. Gerade diese Regionen der Schleimhaut sind am wenigsten geschützt, hier ist ein Eindringen schädlicher Faktoren am leichtesten möglich, weil die Ausbildung der Schutzeinrichtungen am spätesten erfolgt.

In den Zellen der Magengrübchen sind die Schleimpfröpfe dicker und gleichmässiger entwickelt; sie nehmen die freien Flächen der Zellen oft schon völlig ein, so dass keine Trennung durch Protoplasmafäden mehr nachzuweisen ist. Es ist also die Schleimlage in den Magengrübchen schon früher gut ausgebildet, als auf den Leisten der Schleimhaut; das hängt möglicherweise damit zusammen, dass das Secret der Magendrüsen sich in die Grübchen ergiesst und zuerst mit deren Epithel in Berührung kommt. Der saure, fermenthaltige Magensaft könnte die Fähigkeit haben, das Protoplasma zur Schleimbildung anzuregen.

B. Schleimfreie Partieen. Neben solchen Gegenden, in denen jede Epithelzelle Schleim enthält, findet man andere, in denen das Epithel auf grössere Strecken frei von Schleim ist. Das aus rein protoplasmatischen Zellen gebildete Epithel findet sich auf den Leisten vor, geht aber in die Tiefe der Magengrübchen nicht hinein. Zwischen den schleimfreien Zellen treffen wir hin und wieder schleimhaltige Zellen an, die einzeln, oder auch in Gruppen beisammen stehen. Diese schleimhaltigen Zellen besitzen meistens einen beträchtlichen Schleimgehalt; das Protoplasma, den Kern umgebend, beschränkt sich auf den angewachsenen Abschnitt der Zelle, so dass der Schleim die Hauptmasse der Zelle ausmacht. Der schleimhaltige Zellabschnitt baucht sich aus und die Zelle nimmt dann die Form einer Becherzelle an, wie man sie im Darmepithel antrifft.

Ganz frei von Schleim sind also die als „schleimfrei“ bezeichneten Regionen nicht; aber es überwiegen in diesen die rein protoplasmatischen Zellen bedeutend, die schleimhaltigen treten ganz zurück. Wir sind vollauf berechtigt auszusprechen, dass den genannten Schleimhautbezirken der Schutz durch eine Schleimlage gänzlich fehlt, dass durch diese Bezirke die Schleimlage unterbrochen wird, und dass hier die Stellen sind, an denen ein Eindringen schädlicher Mikroorganismen möglich ist. Zur Zeit lässt sich noch nicht angeben, ein wie grosser Bruchteil der Magenschleimhaut des Neugebornen frei von Schleim ist. Die Ausdehnung der schleimhaltigen Abschnitte des Oberflächenepithels ist bei jedem Individuum, das bisher darauf untersucht wurde, verschieden; bei dem einen besitzen die schleimhaltigen Partieen eine grosse Ausdehnung, bei dem anderen treten sie mehr zurück. Von vornherein kann man nicht beurteilen, ob im einzelnen Falle die Schleimlage bedeutende Lücken aufweist, oder ob sie auf grosse Strecken hin ununterbrochen ist; es scheint die Ausbildung der Schleimlage von Faktoren abhängig zu sein, die individuell variiren. Dass aber die Schleimlage im Magen des Neugebornen noch Unterbrechungen aufweist, dass sie noch nicht vollständig ist, kann als Regel hingestellt werden. Die Magenschleimhaut besitzt hier noch Stellen, die eines ausreichenden Schutzes gegen das Eindringen von Bakterien entbehren. Je kleiner nun die Unterbrechungen der Schleimlage sind, desto besser ist der Schutz gegen eine bakterielle Infektion vom Magen aus; je grösser die schleimfreien Stellen sind, desto geringer ist die Aussicht, dass Bakterien die einmal in den Magen gelangt sind, am Eindringen in die Schleimhaut gehindert werden. Ein Individuum, in dessen Magen die Schleimdecke zur Zeit der Geburt grosse Lücken aufweist, ist für Infektion besser „prädisponirt“ als ein anderes, bei welchem nur noch wenige Zellgruppen des Schleims entbehren.

Man könnte einwenden, dass die Befunde an der Magenschleimhaut so wenig lebenskräftiger Individuen, wie es Kinder sind, die bald nach der Geburt sterben, keinen Rückschluss auf

das Verhalten des Magens gesunder und lebensfähiger Neugeborner gestatten. Es könnte die mangelhafte Ausbildung der Schleimlage kein physiologischer, sondern ein pathologischer Zustand sein, der sich bei lebenskräftigen Individuen nicht findet. Gegen diese Auffassung sprechen einmal die Befunde an der Magenschleimhaut menschlicher Embryonen, dann aber auch das Verhalten der Schleimlage im Magen neugeborner Säuger. Beim Menschen beginnt die Schleimbildung innerhalb des Oberflächenepithels schon einige Monate vor der Geburt. Der Schleim tritt in zusammenhängender Lage zuerst in den Magengrübchen auf; die Epithelzellen enthalten sämmtlich gut ausgebildete Schleimpfröpfe. Im Epithel der Leisten der Schleimhaut beginnt die Schleimbildung später; bei Embryonen aus dem Anfang des 8. Monats z. B. findet man grosse Strecken des Epithels auf den Leisten rein protoplasmatisch, und nur wenige Zellen besitzen schon einen Schleimpfropf. Die einzeln stehenden, schleimhaltigen Zellen aber können bereits eine beträchtliche Menge Schleim enthalten. Finden wir bei Neugebornen noch schleimfreie Partieen des Oberflächenepithels vor, so dürfen wir sie als Schleimhautbezirke ansehen, die noch auf embryonaler Ausbildungsstufe sich befinden.

Von den Säugern, deren Magen ich bisher untersucht habe, gleicht der des neugeborenen Meerschweinchens am meisten dem des neugeborenen Menschen, was die Ausbildung der Schleimlage anbetrifft.

Unmittelbar nach der Geburt, und im Laufe des ersten Lebenstages besitzt jede Zelle des Oberflächenepithels einen dünnen Schleimpfropf. Dieser wird an seinen Rändern von dem Zellprotoplasma umfasst; er füllt also das freie Ende der Zelle nicht völlig aus. Die nebeneinander gelegenen Schleimpfröpfe berühren einander noch nicht, sie werden durch feine Protoplasmabalken von einander getrennt. Auf Durchschnitten erkennt man dieses Verhalten nicht so gut, als auf feinen Flächenschnitten des Epithels. Im Laufe des zweiten Lebenstages nehmen die einzelnen Schleimpfröpfe an Masse zu; viele

füllen das freie Ende der Zelle, der sie angehören, schon völlig aus, so dass sie die Schleimpfröpfe der nebenstehenden Zellen direkt berühren. Man findet aber auch Gegenden, in welchen die Schleimpfröpfe noch durch feine Protoplasmabalken getrennt werden, wo also die Schleimlage unterbrochen ist. Im Laufe des dritten Tages wird die Schleimlage ununterbrochen und verdickt sich noch, so dass sie am vierten Tage durchweg bis an die Kerne der Epithelzellen reicht.

Schleimfreie Bezirke werden indessen beim neugeborenen Meerschweinchen nicht gefunden. Dass trotzdem Milzbrandbacillen die Magenschleimhaut passiren, lehrt der oben mitgeteilte Versuch von v. Behring. Wir dürfen wohl annehmen, dass auch diejenigen Abschnitte im menschlichen Magen, deren Zellen bereits dünne Schleimpröpfe enthalten, auch noch für Bakterien durchlässig sind.

Es ist von Wichtigkeit, zu entscheiden, wohin die Bakterien gelangen, die das Epithel des Magens passirt haben. Gerathen sie in das Bindegewebe, und aus diesem in Lymphbahnen, oder dringen sie in Blutgefässe ein? Im ersten Falle würden sie vornehmlich die regionären Lymphdrüsen befallen; die Infection würde nahe der Eintrittspforte localisirt bleiben. Im zweiten Falle würde der Blutstrom die eingedrungenen Bakterien aufnehmen und weiter transportieren; sie würden zunächst mit dem Blut circuliren, und es würde von besonderen Bedingungen abhängig sein, ob sie in irgend einem Organ die Blutbahn verlassen und im Parenchym sich ansiedeln könnten.

Aus Versuchsreihen, über welche v. Behring berichtet hat (Beiträge zur experimentellen Therapie, Heft 8 1904) geht hervor, dass Milzbrandbacillen, die an neugeborene Meerschweinchen verfüttert wurden, in den meisten Fällen nach kurzer Zeit (2 Stunden, 4 Stunden, 20 Stunden nach der Fütterung) im Blute nachgewiesen werden konnten. Einmal wurden auch in einem Lymphknötchen in der radix mesenterii die Milzbrandbacillen angetroffen. Häufiger scheint es demnach zu sein, dass die Bakterien in das Blut gelangen. Dafür kann nun die

Lage der Venenanfänge in der Magenwand die Erklärung liefern. Die Venenanfänge, aus einem Geflecht sehr dünnwandiger Gefässe bestehend, liegen am nächsten der Schleimhautoberfläche; viele Venen liegen beim Neugeborenen unmittelbar unter dem Epithel, so dass die Epithelzellen der Gefässwand direkt aufsitzen. Mikroorganismen, die das Epithel passirt haben liegen an sehr vielen Stellen unmittelbar an relativ weiten, ganz dünnwandigen Venen; sie können hier leicht eindringen, gerade so leicht wie in die Lymphgefässe.

Der Blutstrom muss die eingedrungenen Bakterien durch die Leber hindurch, in den rechten Ventrikel führen; nach dem sie die Lungen passiert haben, können sie durch das arterielle Blut in beliebige Organe verschleppt werden, und sich weiter entwickeln, wo sie günstige Bedingungen vorfinden.

Unter diesen Umständen wird es verständlich, dass das Eindringen von Tuberkelbacillen vom Magen aus durchaus nicht zu einer krankhaften Veränderung an der Eintrittspforte zu führen braucht. Die Bacillen bleiben nicht liegen, sie gelangen in das circulirende Blut, und werden in der Regel die Erkrankung von Organen bewirken, die weit von ihrer Eintrittsstelle abliegen. Locale Symptome an der Eintrittspforte machen Tuberkelbacillen nur dann, wenn sie dort liegen bleiben.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 2 und 3 Februar 1906

In der ordentlichen Sitzung vom 14. Februar 1906 sprach Herr E. R. Neumann:

Über den Einfluss von Wärmeleitung und Reibung auf die Strömungen von Gasen.

Bei theoretischen Untersuchungen über die Strömung von Gasen ist man bisher, von wenigen Ausnahmen abgesehen, stets ausgegangen von einer der beiden folgenden Annahmen: Entweder man nahm an, der ganze Vorgang spiele sich bei constanter Temperatur (isotherm) ab, oder aber ohne Wärmeaustausch zwischen den einzelnen Gasteilchen (adiabatisch). Im ersteren Falle setzt man nach den Boyle-Mariotte'schen Gesetze zwischen der Dichtigkeit ε und dem Drucke p Proportionalität voraus:

I $$\varepsilon = \text{const} \cdot p,$$

im zweiten Falle tritt an die Stelle dieser Beziehung die andere

II $$\varepsilon = \text{const} \; p^{\frac{1}{\varkappa}}$$.

wo $\varkappa = \frac{c_p}{c_v}$ das Verhältnis der beiden specifischen Wärmen des betreffenden Gases bedeutet. — Diese beiden Annahmen sind aber nur extreme Fälle, die auf sie gegründeten Theorieen stellen

daher die Vorgänge in der Natur nur nährungsweise dar, denn die Wärmeleitung wird — abgesehen von dem Grenzfalle einer unendlich langsamen Bewegung — keine Zeit haben, die durch Compressionen und Dilationen entstehenden Temperaturunterschiede vollständig auszugleichen — wie dies die der Annahme I zu Grunde liegende Vorstellung ist — ebensowenig werden diese Temperaturunterschiede aber auch, wie dies bei der Annahme II vorausgesetzt wird, gänzlich unausgeglichen bleiben — abgesehen von dem Grenzfalle der unendlich raschen Strömung. Ausser in diesen beiden Grenzfällen werden wir uns die Sachlage so vorstellen müssen, dass die Wärmeleitung im Gase zwar einen gewissen, wenn auch nur unvollständigen Temperaturausgleich bewirkt; es wird also während der Strömung eine mit durch die Wärmeleitung beeinflusste Temperaturverteilung im Gase entstehen, die dann ihrerseits natürlich auch auf die Strömung zurückwirkt, und es ergiebt sich aus dieser Überlegung die bei Zugrundelegung der Annahmen I und II nicht erfüllte Forderung, bei einer Theorie der Strömung von Gasen zugleich Rücksicht auf die Wärmeleitung zu nehmen. Es dürften bei einer solchen die Zustandsänderungen des Gases nicht derartig speciellen Beschränkungen wie in I oder II unterworfen werden, sondern sie brauchten nur der allgemeinen Zustandsgleichung des Gases zu gehorchen. Als solche legen wir das durch Gay Lussac erweiterte Boyle-Mariotte'sche Gesetz zu Grunde, nach welchem der Druck p, die Dichtigkeit ε und die absolute Temperatur jederzeit in der folgenden Beziehung stehen:

III $\qquad p = R \cdot \varepsilon \cdot \vartheta \qquad$ (wo R die „Gasconstante")

Eine grössere Anzahl von teilweise auch für die Praxis sehr wichtigen Problemen fordert gebieterisch eine solche die Wärmeleitung mit berücksichtigende Theorie der Strömung von Gasen. Nur zwei Probleme seien hier erwähnt: Der Wärmeverlust, den jeder erwärmte frei aufgestellte Körper durch Leitung und Strahlung an die umgebende Luft erleidet, wird erfahrungsgemäss durch einen vorbeigeführten Luftstrom, z. B. den Wind,

erheblich gesteigert. Wegen der grossen Bedeutung der Frage für die Technik sind mehrfach ganz unabhängig von einander Beobachtungen darüber angestellt, wie dieser gesteigerte Wärmeverlust Q von der Windgeschwindigkeit $\mathfrak{V}$ abhängt, und stets liessen sich die Resultate dieser Versuche recht gut wiedergeben durch die empirische Formel

$$Q = a + b \sqrt{\mathfrak{V}},$$

wo a und b Constanten bedeuten. Eine Beantwortung der Frage, ob diese Formel den wahren zwischen Wärmeabgabe und Windgeschwindigkeit bestehenden Zusammenhang richtig oder nur approximativ wiedergiebt, kann naturgemäss nur eine die Wärmeleitung und die Strömung der Luft gleichzeitig berücksichtigende Theorie geben — und ebenso steht es mit dem zweiten hier noch zu erwähnenden Probleme, bei welchem es sich im Gegensatz zum ersteren vor Allem um das verschiedene Verhalten verschiedener Gase handelt. Auf dieses zweite Problem führt eine häufig zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Gasen benutzte Versuchsanordnung, bei welcher man die Wärmemenge beobachtet, welche ein in dem betreffenden Gase hängender, erwärmter Körper durch die Leitung der trennenden Gasschicht an die Gefässwand verliert. In Wahrheit wird der Wärmeverlust des inneren Körpers aber nicht allein durch die Leitung im Gase verursacht, sondern infolge der im Gase entstehenden Strömungen wird ein Teil der Wärme rein mechanisch, durch Convektion, fortgeführt. Über die Grösse dieser Wärmeconvektion und den durch sie bedingten Fehler in der Berechnung der Wärmeleitfähigkeit kann wieder nur eine Theorie Aufschluss geben, welche in gleicher Weise die Wärmeleitung wie die Gasströmung umfasst.

Was nun eine solche Theorie anlangt, so sind zwar von mehreren Autoren die ihr zu Grunde zu legenden Differentialgleichungen aufgestellt, man findet sie z. B. auch in Kirchhoffs Vorlesungen über Wärmetheorie S. 114—121 — von Arbeiten, die darüber hinausgehen, sind mir aber nur zwei bekannt, von

A. Overbeck (1879) und L. Lorenz (1881), beide in Wiedemann's Annalen, Bd. 7 S. 271 und Bd. 13 S. 582. In diesen beiden Arbeiten sind jedoch nur recht specielle Probleme in Angriff genommen, auch scheinen mir die Prämissen nicht ganz allgemein genug.

Im Folgenden will ich nun einen Ansatz kurz scizzieren, der geeignet sein dürfte das Eindringen in diese mathematisch sehr schwierige Theorie der Gasströmung unter Berücksichtigung der Wärmeleitung erheblich zu erleichtern, und ich will dann weiter über ein sich so ergebendes Resultat berichten, das die Lösung wenigstens des zweiten der beiden genannten Probleme in erheblich grössere Nähe gerückt erscheinen lässt.

Zunächst muss ich jedoch das Problem der Strömung von Gasen ganz allgemein formulieren; dabei will ich vorerst die Annahmen I oder II gemacht denken, um so die durch Zugrundelegung der allgemeinen Annahme III entstehenden Schwierigkeiten deutlicher hervortreten zu lassen. — Wie bestimmt man überhaupt in der Hydro- oder Aerodynamik einen Bewegungszustand? Dies geschieht in der Regel dadurch, dass man nach dem Vorgange von Euler für beliebige Stellen x, y, z und beliebige Zeiten t die „Strömungscomponenten“ u, v, w bestimmt, d. h. die Componenten der Geschwindigkeit, welche das gerade zur Zeit t an die Stelle x, y, z befindliche Flüssigkeits- oder Gasteilchen besitzt. Doch von der Bestimmung der Componenten u, v, w ist nicht zu trennen die der Dichtigkeit ε und des Druckes p, sodass es sich also bei einem Probleme der hier betrachteten Art darum handelt, 5 Unbekannte, nämlich u, v, w, ε und p als Funktionen von x, y, z und t zu bestimmen. Dazu sind 5 Gleichungen notwendig und als solche liefert uns die Hydrodynamik die folgenden:

1) die 3 Euler'schen hydrodynamischen Grundgleichungen,

2) die sogenannte Continuitätsgleichung,

d. i. eine Gleichung, die nur das Princip der Erhaltung der Masse bei der Bewegung zum Ausdruck bringt, und endlich

kommt als fünfte Gleichung zu diesen noch die zwischen Dichtigkeit und Druck angenommene Beziehungsgleichung:

I bzw. II $$\varepsilon = \varepsilon(p).$$

Die wirkliche Bestimmung der Unbekannten aus diesen 5 Gleichungen lässt sich nun ganz erheblich vereinfachen, wenn man Gebrauch macht von einem bereits von Lagrange herrührenden Satze, der Folgendes besagt: Solange die Dichtigkeit ε allein vom Drucke p abhängt (wie wir eben in I bzw. II angenommen haben) kann ein Teilchen, das von Hause aus keine rotatorische Bewegung (Wirbelbewegung) besitzt, eine solche auch im weiteren Verlaufe der Strömung nie erlangen. Macht man also die Annahme, der Anfangszustand des Gases sei wirbelfrei, so ist es auch der ganze weitere Bewegungszustand, und dann lassen sich alle die unbekannten Funktionen u, v, w, ε und p in einfacher, ein für alle Male feststehender Weise durch eine einzige Funktion φ (x, y, z, t), das sogenannte Geschwindigkeitspotential (oder richtiger durch dessen Differentialquotienten) ausdrücken, es ist dann nämlich:

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial \varphi}{\partial y}, \quad w = \frac{\partial \varphi}{\partial z},$$

und ähnlich drücken sich dann auch ε und p durch die Ableitungen von φ aus. — Es ist damit dann also die Bestimmung der fünf Unbekannten zurückgeführt auf die einer einzigen Funktion φ, für welche sich eine Differentialgleichung

$$D(\varphi) = 0$$

und die zugehörigen Randbedingungen ergeben — dadurch ist das ganze Problem augenscheinlich sehr erheblich vereinfacht.

Diese Reduktionsmethode ist nun aber nur anwendbar, wenn die Dichtigkeit ε eine blosse Funktion des Druckes p ist, wie es eben bei den Annahmen I und II vorausgesetzt wird, nur dann gilt eben der Lagrange'sche Satz von der Erhaltung der wirbelfreien Bewegung. Sobald wir aber die Annahmen I oder II ersetzen durch die allgemeinere Voraussetzung III, nach welcher die Dichtigkeit ausser von dem Drucke auch noch von

der Temperatur abhängt, gilt der Satz nicht mehr, es wird die ganze Unterscheidung zwischen Wirbelbewegung und wirbelfreier Bewegung hinfällig, von einem Geschwindigkeitspotentiale φ kann daher keine Rede sein; in dieser Weise ist dann also eine Reduktion des Problemes nicht mehr zu erreichen.

Nun giebt es aber, wie ich jetzt ausführen will, noch eine andere Methode, die Bestimmung eines Bewegungszustandes zurückzuführen auf die Ermittelung einer einzigen Funktion, allerdings wieder nur unter gewissen einschränkenden Voraussetzungen, die sich aber jetzt nicht auf die Natur der betreffenden Flüssigkeit (bzw. Gases), auf die Art der möglichen Zustandsänderungen, sondern lediglich auf die Art der Bewegung selber beziehen. Es sind dies nämlich folgende Voraussetzungen:

A. Die Bewegung gehe *zweidimensional* vor sich, die Strömungscomponente nach der einen z. B. der z-Axe (also w) sei dauernd 0, und die übrigen Funktionen u, v etc. seien von z unabhängig.

B. Die Bewegung sei *stationär*, alle jene Funktionen seien also auch von t abhängig.

C. Auf die Flüssigkeits- bzw. Gasteilchen sollen *keine äusseren Kräfte* wie etwa die Schwere oder dergl. wirken.

Unter diesen vereinfachenden Voraussetzungen lauten die Euler'schen Differentialgleichungen (1) und die Continuitätsgleichung (2) folgendermassen:

$$1') \quad u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\varepsilon}\cdot\frac{\partial p}{\partial x}, \quad u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\varepsilon}\cdot\frac{\partial p}{\partial y}$$

und

$$2') \quad \frac{\partial(\varepsilon u)}{\partial x} + \frac{\partial(\varepsilon v)}{\partial y} = 0.$$

Um dann die Bestimmung der Grössen u, v, ε und p aus diesen Gleichungen (und gewissen weiteren Zusatzbedingungen) zu erleichtern, kann man nun folgendermassen verfahren: Man fügt zu den mit ε multiplicierten Gleichungen (1') die mit u bzw. v multiplicierte Gleichung (2'), und erhält so

$$\frac{\partial(\varepsilon u^2)}{\partial x} + \frac{\partial(\varepsilon u v)}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x}, \quad \frac{\partial(\varepsilon u v)}{\partial x} + \frac{\partial(\varepsilon v^2)}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial y},$$

oder, wenn wir zur Abkürzung

3) $$\sqrt{\varepsilon} \cdot u = U \quad \text{und} \quad \sqrt{\varepsilon} \cdot v = V$$

setzen, können wir hierfür auch schreiben:

4) $$\frac{\partial(U \cdot V)}{\partial y} = -\frac{\partial(U^2 + p)}{\partial x} \text{ bzw. } \frac{\partial(U \cdot V)}{\partial x} = -\frac{\partial(V^2 + p)}{\partial y}$$

Die erstere dieser beiden Gleichungen ist nun die bekannte Bedingung dafür, dass $U \cdot V \cdot dx - (U^2 + p) \cdot dy$ ein totales Differential ist, oder dass es eine Funktion $F_1(x, y)$ giebt, derart, dass

5a) $$U \cdot V = \frac{\partial F_1}{\partial x} \quad \text{und} \quad -(U^2 + p) = \frac{\partial F_1}{\partial y}$$

ist, und ebenso folgt aus der zweiten Gleichung (4) die Existenz einer Funktion $F_2(x, y)$ von solcher Beschaffenheit, dass

5b) $$U \cdot V = \frac{\partial F_2}{\partial y} \quad \text{und} \quad -(V^2 + p) = \frac{\partial F_2}{\partial x}.$$

Die beiden ersten Gleichungen (5a) und (5b) lehren aber, dass zwischen diesen beiden Funktionen F_1 und F_2 die Beziehung besteht:

$$\frac{\partial F_1}{\partial x} = \frac{\partial F_2}{\partial y},$$

d. h., dass auch sie sich darstellen lassen als Differentialquotienten einer einzigen Funktion — sie heisse jetzt $2\Phi(x, y)$ — sodass also:

$$F_1 = \frac{\partial(2\Phi)}{\partial y} \quad \text{und} \quad F_2 = \frac{\partial(2\Phi)}{\partial x}.$$

Unter Benutzung dieser Darstellungen lassen sich dann die 4 Gleichungen (5a) und (5b) in folgende 3 zusammenziehen:

$$U \cdot V = 2\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial y}, \quad U^2 + p = -2\frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2}, \quad V^2 + p = -2\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2}.$$

Aus diesen Gleichungen lassen sich aber p, U und V berechnen, d. h. ausdrücken durch die Diffentialquotienten der einen Funktion Φ. Das Resultat will ich kurz so andeuten:

6) $$p = \{\Phi\}, \quad \sqrt{\varepsilon} \cdot u \equiv U = \{\Phi\}, \quad \sqrt{\varepsilon} \cdot v \equiv V = \{\Phi\}.$$

Damit sind dann also der Druck p und wenigstens die mit den Strömungscomponenten u und v enge zusammenhängenden Grössen U und V ausgedrückt durch die Differentialquotienten einer einzigen Funktion Φ. Diese Funktion — ich will sie die „Strömungsfunktion“ nennen — spielt also, wenn wir die Voraussetzungen A — C über die Bewegung machen, eine ganz ähnliche Rolle wie bei der Voraussetzung eines wirbelfreien Anfangszustandes das Geschwindigkeitspotential φ.

Welchen Nutzen man aus der Einführung dieser Funktion Φ im Falle incompressibler Flüssigkeiten oder bei isothermen oder adiabatischen Gasströmungen (Annahme I oder II) ziehen kann, das habe ich in einem demnächst im Journal für Mathematik erscheinenden Aufsatze näher ausgeführt. — Da man aber, wie aus Obigem hervorgeht, zur Einführung dieser Funktion Φ nicht der mindesten Voraussetzung über die möglichen Zustandsänderungen des Gases bedarf, so ist dieser Ansatz im Gegensatz zu dem mit dem Geschwindigkeitspotentiale auch noch anwendbar, wenn man die Annahmen I oder II ersetzt durch die allgemeinere Annahme III. Auf meine Veranlassung hat ein früherer Zuhörer von mir, Herr Oettinger, es unternommen, diesen Ansatz mit der Strömungsfunktion zum Studium solcher allgemeinerer Gasströmungen zu verwerten. Hierüber, wie über einige dabei erzielte Resultate möchte ich noch kurz berichten.

Zunächst ist zu bemerken, dass mit der Relation III noch eine neue unbekannte Funktion, die Temperatur ϑ in die Gleichungen des Problemes eingeht, es bedarf daher sicher auch noch einer weiteren Bestimmungsgleichung, und diese liefert uns die Theorie der Wärmeleitung. Bezeichnen wir mit k die Wärmeleitfähigkeit des Gases, so ergiebt sich nämlich die Relation:

$$7) \qquad k \cdot \Delta \vartheta = \frac{c_v}{R} \frac{dp}{dt} - c_p \vartheta \frac{d\varepsilon}{dt}$$

eine Gleichung, welche nichts anderes besagt, als dass die einem kleinen bewegten Massenteilchen durch Leitung zugeführte Wärmemenge gleich sein muss der aus Masse, Temperaturänderung und specifischer Wärme berechneten. Dabei hat man sich dann jedoch in bekannter Weise die gesamte Temperaturänderung in zwei einzelne zerlegt zu denken, deren eine bei constantem Volumen, die andere bei constantem Druck erfolgt, und demnach hat man bei Berechnung der entsprechenden Wärmemengen einmal die specifische Wärme c_v, das andere Mal c_p zu benutzen. —

Wollen wir also bei Bestimmung des Strömungszustandes den Einfluss der Wärmeleitung berücksichtigen, so handelt es sich im allgemeinen Falle um das folgende mathematische Problem: die 6 Unbekannten u, v, w, p, ε und ϑ aus den im Ganzen 6 Gleichungen (1), (2), III und (7) als Funktionen von x, y, z und t zu ermitteln, und unter den einschränkenden Voraussetzungen $A - C$ reduciert sich dieses Problem auf das folgende einfachere: Die 5 Unbekannten u, v, p, ε und ϑ (w ist nämlich $= 0$) aus den 5 Gleichungen (1'), (2'), III und (7) zu bestimmen, für welch letztere Gleichung wir unter Rücksicht auf die bekannte Bedeutung der „totalen" Differentialquotienten $\frac{dp}{dt}$ und $\frac{d\varepsilon}{dt}$ jetzt besser schreiben werden:

$$7') \qquad k \cdot \Delta \vartheta = \frac{c_v}{R}\left(u \frac{\partial p}{\partial x} + v \frac{\partial p}{\partial y}\right) - c_p \vartheta \left(u \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + v \frac{\partial \varepsilon}{\partial y}\right)$$

Führen wir nun die Strömungsfunktion Φ ein, drücken durch sie in der in (6) angedeuteten Weise p, U und V aus, so sind die Gleichungen (1') identisch befriedigt, sobald es die Gleichung (2') ist; es bleiben demnach nur die Gleichungen (2'), III und (7') übrig, die wir mit Rücksicht auf (3) jetzt besser so schreiben werden:

$$2'') \qquad \frac{\partial(\sqrt{\varepsilon} \cdot U)}{\partial x} + \frac{\partial(\sqrt{\varepsilon} \cdot V)}{\partial y} = 0, \qquad \text{III.} \quad p = R \cdot \varepsilon \cdot \vartheta$$

$$7'') \qquad k \cdot \sqrt{\varepsilon} \cdot \Delta \vartheta = \frac{c_v}{R}\left(U \frac{\partial p}{\partial x} + V \frac{\partial p}{\partial y}\right) - c_p \vartheta \left(U \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + V \frac{\partial \varepsilon}{\partial y}\right)$$

Denken wir hier überall für p, U und V ihre Ausdrücke (6) in Φ eingesetzt, so sind dies jetzt 3 Gleichungen für die 3 Funktionen ε, ϑ und Φ. — Es gelingt aus diesen Gleichungen heraus ε und ϑ *explicite* darzustellen als abhängig von den Differentialquotienten von Φ:

8) $$\varepsilon = \{\Phi\} \quad \text{und} \quad \vartheta = \{\Phi\},$$

ähnlich wie uns das schon oben mit p, U und V gelungen war [vgl. (6)]. — Für die Funktion Φ ergiebt sich dann schliesslich eine Differentialgleichung

9) $$D(\Phi) = 0.$$

Man braucht also nur diese Differentialgleichung unter den nötigen Zusatzbedingungen zu integrieren, und so die Funktion Φ zu bestimmen — dann liefern uns die in (6) und (8) angedeuteten Formeln sofort die sämtlichen Unbekannten, p, ε, ϑ, u und v. — Damit ist also unter den Voraussetzungen A — C auch das Problem, die Strömungen eines Gases unter Berücksichtigung der Wärmeleitung zu bestimmen, zurückgeführt auf die Ermittelung einer einzigen Funktion, der Strömungsfunktion Φ.

Wenn es nun auch kaum möglich sein dürfte, auf diesem Wege einen Strömungszustand wirklich zu bestimmen — ist doch die Differentialgleichung (9), auf deren Integration es vor Allem ankäme, von nicht geringerer als der 7. Ordnung — so kann man doch einige allgemeine Schlüsse aus dieser Theorie ziehen: Es gehen in die ursprünglichen Gleichungen des Problems eine grössere Anzahl dem betrachteten Gase charakteristischer Constanten ein, nämlich die „Gasconstante" im engeren Sinne, R, ferner die Wärmeleitfähigkeit k und die beiden specifischen Wärmen c_p und c_v, Constanten, welche teils für verschiedene Gase recht verschiedene Werte haben (so ist z. B. c_v bei Wasserstoff rund 56mal so gross wie bei Brom). Die Durchführung der oben nur angedeuteten Rechnung lehrt nun, dass in die schliessliche Differentialgleichung (9) für Φ von allen diesen Constanten nur die specifischen Wärmen, und auch diese nur

in der Verbindung $\frac{c_p}{c_v} = \varkappa$ eingehn, was wir etwa dadurch zum Ausdruck bringen können, dass wir anstatt (9) schreiben:

9′) $$D(\Phi, \varkappa) = 0.$$

Diese Grösse $\varkappa$ besitzt nun bekanntlich für alle Gase annähernd den gleichen Wert (für einatomige Gase den theoretischen Wert 1,67, für mehratomige ca. 1,4). Jedenfalls können wir in Anbetracht der grossen Verschiedenheiten bei den übrigen Constanten von diesen Unterschieden wol absehen und dann sagen: Unter sonst gleichen Bedingungen ist die Strömungsfunktion Φ für verschiedene Gase dieselbe — und daraus ergiebt sich dann leicht weiter das folgende Resultat: *Unter den Voraussetzungen A — C und sonst gleichen Versuchsbedingungen strömen auch bei Berücksichtigung der Wärmeleitung alle Gase trotz ihrer sonst so verschiedenen Eigenschaften in geometrisch gleichen Bahnen.*

Die Wichtigkeit dieses Resultates dürfte darin liegen, dass danach feststeht, dass man auch beim Arbeiten mit verschiedenen Gasen sich stets durchaus leicht vergleichbare Bewegungszustände herzustellen im Stande ist. —

Erwähnt sei noch, dass sich die obige Schlussweise ganz analog durchführen lässt, wenn man neben der Wärmeleitung auch noch die innere Reibung des Gases berücksichtigt. Es geht dann noch eine weitere Constante η, der Reibungscoefficient, in die Gleichungen des Problemes ein, und in diesem Falle gehen dann ausser R alle jene Constanten auch in die Schlussgleichung (9) für Φ ein, doch nur in den beiden Verbindungen $\frac{c_p}{c_v} = \varkappa$ und $\frac{k}{\eta \cdot c_v} = f$, sodass wir schreiben werden:

9″) $$D(\Phi, \varkappa, f) = 0.$$

Von dieser Grösse f gilt aber das Gleiche wie von $\varkappa$, sie hat nach einem von Maxwell herrührenden Satze einen für alle Gase annähernd gleichen Wert (für einatomige Gase den theoretischen Wert 2,50 und für mehratomige schwankt der Wert

zwischen 1,6 und 2,0). Sehen wir von diesen gegenüber den sonstigen Verschiedenheiten der Gase jedenfalls sehr geringfügigen Unterschieden ab, so erhalten wir folgenden Zusatz: *Jenes Resultat bleibt bestehen, auch noch, wenn wir die innere Reibung der Gase berücksichtigen.*

Nicht berücksichtigt ist hierbei der Einfluss der Wärmestrahlung. Davon abgesehen, können wir aber nach Obigem sagen: Diese Sätze gelten für einatomige Gase in aller Strenge, für mehratomige Gase angenähert. — Nachträglich kann man diese Sätze übrigens von der einschränkenden Voraussetzung A, dass die Bewegung nur zweidimensional sein solle, leicht befreien.

In der ordentlichen Sitzung vom 28. Februar 1906 besprach Herr Dr. Narziss Ach:

Experimentell-psychologische Untersuchungen über den Willen.

Dasjenige Gebiet der Psychologie, auf dem sich bis jetzt die experimentelle Untersuchung am erfolgreichsten betätigt hat, ist das Gebiet des Gedächtnisses, der Association und Reproduktion per Vorstellungen. Das Erlernungsverfahren von Ebbinghaus und das Trefferverfahren von G. E. Müller geben uns durch die zur Erlernung notwendige Wiederholungszahl, sowie durch die Zahl der richtigen, der falschen und der Nullfälle mit den zugehörigen Reproduktionszeiten Mittel an die Hand, eine quantitative Bestimmung der Stärke der gestifteten Reproduktionstendenzen durchzuführen und infolge dessen die Stärke derartiger Reproduktionstendenzen unter verschiedenen Bedingungen mit einander zu vergleichen.

Weniger glücklich war man bisher auf dem Gebiete der experimentellen Untersuchung des Willens. Wenn uns auch die Reaktionsversuche Einblicke in die Dauer der unter verschiedenen Aufgabestellungen vor sich gehenden Willens-

handlungen erlauben, die ihrerseits hierbei wieder an der Hand der systematischen experimentellen Selbstbeobachtung analysiert werden können, so fehlt doch die Möglichkeit einer quantitativen Bestimmung der Intensität eines Entschlusses, Vorsatzes u. drgl., beziehsw. der Determination, welche von diesen Zuständen ausgeht. Ist auf Grund einer experimentellen Variierung der Bedingungen dieses Postulat erfüllt, so sind wir hierdurch noch in die angenehme Lage versetzt, die qualitative Analyse von Willensakten in der ausgedehntesten Weise durchzuführen, indem wir derartige Zustände isolieren und in verschiedener Intensität der Selbstbeobachtung zugänglich machen können. Die Erreichung dieses Zieles geschieht durch ein combiniertes Verfahren, welches das Trefferverfahren mit Anordnungen von Reaktionsversuchen, welche Verfasser zum Nachweis der Wirksamkeit der determinierenden Tendenzen schon früher benützte, in einfacher Weise vereinigt.

Die Anordnung besteht darin, dass Silbenreihen in einer bestimmten Zahl von Wiederholungen am Kymographion geboten werden. Hierauf werden die ungeraden Silben dieser Reihen im Kartenwechsler vorgeführt. Die Versuchsperson hat dann die Aufgabe, nach dem Lesen der Reizsilbe entweder die erste auftretende Silbe auszusprechen (Reproduktion), oder einen Reim zu bilden (Reimen), oder den 1. und 3. Buchstaben der Reizsilbe umzustellen (Umstellen). Die Silben der am Kymographion gebotenen Silben zeigen entweder keinen Zusammenhang, oder sie sind gereimt, wobei jede gerade Silbe einen Reim der vorhergehenden ungeraden Silbe bildet, oder die geraden Silben bilden Umstellungen der ungeraden Silben (Anfangs- und Endkonsonant sind vertauscht). Die einzelnen Reihen wurden am gleichen Tage in Verteilungen 20 mal geboten, so dass für die drei Reihen insgesamt 60 Lesungen stattfanden. Die Aufgabestellungen bei den hierauf im Kartenwechsler exponierten Silben wechselten täglich. Doch kann auf die genauere Anordnung, welche vor allem die Ausschaltung des Einflusses von Zeit- und Raumlage bewirkte, nicht eingegangen werden.

Bei den einander folgenden Tagen einer Versuchsreihe wurden an jedem Tage entweder stets wieder die gleichen Silben geboten, welche dann täglich nur 10 mal gelesen wurden, oder es erschienen wieder andere, in gleicher Weise gebaute Silben in 20 Wiederholungen.

Aus den Tabellen, welche die Zeitwerte für die Lösung der verschiedenen Aufgaben (Reproduktion, Reimen, Umstellen) aufweisen, ergiebt sich, dass infolge der reproduktiv-determinierenden Hemmung stets dann längere Zeiten erhalten wurden, wenn eine der associativen Einübung heterogene Aufgabe vorlag, wenn also z. B. eine Reizsilbe, der eine umgestellte Silbe associiert war, erschien und die Aufgabe bestand, einen Reim zu bilden. Bestand eine gleichartige Aufgabe, so trat entweder eine Verkürzung oder bei einzelnen Versuchspersonen ebenfalls eine Verlängerung der Reaktionsdauer gegenüber den einfachen Reproduktionszeiten ein.

Als quantitatives Resultat ergab sich ausserdem, dass im allgemeinen eine sehr grosse Zahl von Wiederholungen d. h. eine recht erhebliche Stärke der Reproduktionstendenz notwendig ist, um sie der Intensität der von einem Willensentschluss ausgehenden Determination gleich zu machen. So betrug das associative Aequivalent der von dem Entschluss zu Reimen ausgehenden determinirenden Tendenz ungefähr 90 Wiederholungen, die sich über 8 Tage verteilten. Hier bestimmte dann nicht der von der Determination aus gehende Einfluss den Ablauf des Geschehens, sondern die durch vielfache Einübung sehr gefestigte Association, so dass eine falsche Reaktion erfolgte. War die Energie des Entschlusses an sich gering, dann konnte auch eine relativ geringe Stärke der Reproduktionstendenz (W = 20) genügen, um trotz gegenstehender Determination die Überwertigkeit der associierten Vorstellung zu bewirken.

Da zwei verschiedene Individuen hinsichtlich der Stärke von gestifteten Reproduktionstendenzen verglichen werden können, so sind wir an der Hand des beschriebenen combinierten Ver-

fahrens in der Lage, auch die Stärke der determinirenden Tendenzen verschiedener Individuen vergleichen zu können.

Hat nicht der Entschluss, sondern die associative Einübung den Ablauf des Geschehens bestimmt (Fehlreaktion), so setzt der darauf folgende Entschluss nicht selten mit grosser Energie ein, und hier lässt sich dann die Qualität dieses Aktes nach der phaenomenologischen Seite als isoliert gegebene Erscheinung der Analyse zugänglich machen. Neben sehr intensiven sinnlichen Begleiterscheinungen höchster Anspannung (Spannungsempfindungen im Oberkörper, Vorneigen desselben, intensiven Spannungsempfindungen in Kinngegend, Aufeinanderbeissen der Zähne, Zusammenpressen der Lippen und Zusammenziehen der Augenbrauen etc.) besteht hier in der Regel die Bewusstheit „ich kann und ich will.“ Ausserdem ist als gegenständlicher Inhalt die Zielvorstellung mit der Bezugsvorstellung und ihrer Beziehung zur Zukunft gegenwärtig und zwar entweder neben den Spannungsempfindungen nur als Wissen oder auch durch innerliches Sprechen u. drgl. phänomenologisch repräsentiert. Dieser Akt des Entschlusses ist für das Individuum unmittelbar als besonderes Erlebnis von anderen psychischen Phaenomenen wohl charakterisiert. In der Bewusstheit „ich kann“ kommt die Unabhängigkeit des Ich zum Ausdruck. Diese Bewusstheit ist durch Abstraktion aus den gesamten früheren Erfahrungen gewonnen und determiniert hier den Ablauf des Geschehens. Die Aktivität tritt sehr stark in dem von der Bewusstheit „ich will“ begleiteten Akte hervor. Dieser Akt kann auch spontan ohne vorherige Bewusstheit „ich kann“ gegeben sein. Aber in der Regel ist auch hier dann in diesem Akte implicite die erwähnte Bewusstheit enthalten, ohne allerdings speciell hervorzutreten.

Ist zwischen den umgestellten Silben „dus sud“ durch häufige Wiederholung eine intensive Association gestiftet und es besteht die energische Absicht zu reimen, so tritt nach dem Erscheinen von „dus,“ dessen Auffassung mit der Bewusstheit der Bekanntheit verbunden ist, in der Regel „sud“ als akustisch-kinästhetisches Vorstellungsbild auf. Dieses Vorstellungsbild ist

gleichzeitig mit der Bewusstheit der Falschheit, Unrichtigkeit verbunden. Hierauf erfolgt noch einmal der Entschluss „ich will einen Reim bilden,“ der mit den sinnlichen Begleiterscheinungen entweder als Bewusstheit gegeben ist oder auch durch inneres Sprechen repräsentiert sein kann. Auch die Bewusstheit „es soll ein Reim gebildet werden“ kann hier mit der Bewusstheit des Einverständnisses an die Stelle des nochmaligen Entschlusses treten.

Erfolgt bei nicht hinreichend intensivem Entschluss oder bei zu starker associativer Einübung in dem erwähnten Beispiele das Aussprechen von „sud,“ so ist diese falsche Reaktion in der Regel von einem Affekt des Ärgers verbunden mit Unlust begleitet. Und jetzt tritt beim nächsten Versuch sehr lebhaft die Bewusstheit „ich kann“ auf und mit oder nach ihr ein sehr energischer Entschluss „ich will,“ sodass diesmal die determinirende Tendenz siegreich wird.

Die Überschätzung der Bewusstheit „ich kann“ ist deshalb für den Ablauf des Geschehens ohne Nachteil. Im Gegenteil, sie bewirkt im Falle des Misserfolges einen Affekt und hierdurch findet gewissermassen eine Anschoppung von psychophysischer Energie statt, welche ihrerseits wieder das energische Eingreifen des Individuums ermöglicht. Der Entschluss hat dabei aber nicht den Zweck, das bestehende Unlustgefühl zu beseitigen, Affekt und Unlust bilden nur eine Begleiterscheinung des Ablaufes. Auch sonst zeigen die vorliegenden Versuche keine Bestätigung jener Willenstheorien, welche annehmen, dass das Motiv der Willenshandlung stets die Erreichung von Lust oder die Beseitigung von Unlust ist.

Zuweilen ist auch die Qualität des bei den Fehlreaktionen gesetzten Affektes eine andere. Bei sanguinisch veranlagten Individuen stellte sich z. B. ein Zustand der Selbstironie ein mit der Bedeutung ähnlich wie „ach dies ist aber komisch.“ So giebt uns das combinierte Verfahren auch Mittel an die Hand zu einer experimentellen Untersuchung der Temperamente.

Aufgelegte Schriften:

Batavia Magnetical and meteorological Observatory. Observations. 26. Bd. Batavia 1905.

Berlin Dtsch.-öst. Orientclub Der Orient. V. Jahrg. Berlin 1903.

Buenos-Aires Academia nacional en Cordoba. Boletin XVIII. Jahrg. Buenos-Aires 1905.

Chapel Hill El. Mitchell scientific Society. Journal XXI. No. 3.

Boston. The american naturalist. 39. Bd. No. 468. Boston 1905.

Chur Naturf. Gesellschaft Graubündens. Jahresbericht. N. F. 47. Bd. 1905.

Dresden Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde 1886/1900. Dresden 1887/1900.

Dresden Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde 1900/1904. München 1901/1905.

Haarlem Musée Teyller Archives. II. Ser. IX. Bd. 4. Th. Haarlem 1905.

Halle a. S. Leopoldina. Heft 41. Nr. 11. 12. November 1905.

Leipzig Naturf. Ges. Sitzungsberichte. 30./31. Jahrg. (1903/4). Leipzig 1905.

Lima Cuerpo de Ingenieros de Minas. Boletin No. 26. Lima 1905.

Mexico Instituto geologico. Boletin No. 20. 4. Jahrg. Mexico 1905.

Milwaukee Public Museum. 23. Jahrg. Annual Report. Milwaukee 1905.

Milwaukee Wisconsin natural hist. society. Bulletin. III. Bd. No. 4.

New-York Public library. Bulletin. IX. Bd. No. 11 u. 12.

Roma Accademia dei Lincei. Atti. V. Ser. 14. Bd. 10., 11. und 12. Heft. Roma 1905.

Washington U. St. geolog. Survey. Bulletin No. 262. Washington 1905.

Zeitschrift f. Naturwiss. 77. Bd. Heft 6. Stuttgart 1905.

Pisa. Atti soc. tosc. d. sc. nat. Proc. verb. Bd. 14. No. 9—10. Bd. 15. No. 1.

Manchester. Memoirs and proceedings. Manch. lit. and phil. Society 1905/06. Bd. 50. Part. I.

Entomologisk tidskrift. Arg. 26. 1905. Häft 1—3 u. 4.

Berliner mediz. Gesellschaft. Verhandlungen 1905. Berlin 1906.

Boston. The American Naturalist. 40. Bd. No. 469. Boston, Jan. 1906.
Chapel Hill. Elisha Mitchell scientific Society Journal. XXI. Bd. No. . Ch. H. Deiler 1905.
Finland. Societas pro fauna et flora fennica Meddelanden. 29. Heft. 1902/3. Helsingfors 1904.
Finland. Acta. 25. Heft. 1903/4. Helsingfors 1904.
Heidelberg. Naturh. mediz Verein. Verhandlungen. N. F. VIII. Bd. 2. Heft. Heidelberg 1905.
Halifax. Nova Scotia Institut of Science. The proceedings & transactions. XI. Bd. I. Th. Halifax, Maerz 1905.
Halle a./S. Leopoldina. 42. Heft. No. 1. Halle 1906.
Innsbruck. Naturw.-mediz. Verein. Berichte. 29. Jahrg. Innsbruck 1906.
Kiew. Société des naturalistes. Memoires XX. Bd. 1. Lfg. Kiew 1905.
Jefferson-City. Mo. Bureau of geology & mines. Preliminary report of the structural & econ. geology of Missoury. geb. Jefferson-City 1900.
Jefferson-City. Biennial report of the State geologist 42/43. o. J.
Jefferson-City. I/II. vol. 2. Ser. Jefferson-City 1903/4.
New-York. University of N.-Y. New-York state museum. 54. annual report. IV. Bd. (45/48). geb. Albany 1902.
Perú. Cuerpo de ingeniores de minas. No. 27/28. Lima 1905.
Rochester. Geological society of America. Bulletin XV. Bd. pag. 507—522, pl. 48—51. Novbr. 1904.
St. Louis. Academy of science. Classified list of papers etc. in vol. I—XIV.
St. Louis. Transactions. XIV. No. 7/8. XV. 1/5. St. Louis 1904/5.
Stockholm. Svenska Vetenskaps akademien. Arkiv för Zoologi. II. Bd. 4. Heft. Uppsala 1905.
Washington. Smithsonian institution. Annual report. 30/VI. 1904. geb. Washington 1905.
Washington. U. St. naval observatory. Report. 30/VI. 1905. 1905.
Wien. K. K. Geologische Reichsanstalt. Verhandlungen 1905. No. 13—15.
Galliver. The geographical development of Boston. Chicago o. J.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 4 März 1906

In der ordentlichen Sitzung vom 14. März 1906 sprach Herr Karl Schaum:

Über Farben an photographischen Schichten.

(Nach Versuchen des Herrn E. Schloemann.)

Bei der Ausdehnung meiner Untersuchungen über die Struktur photographischer Schichten auf Positive schien es mir wichtig, festzustellen, welche Ursachen den oft sehr lebhaften Farben photographischer Bilder zu Grunde liegen. F. Kirchner und R. Zsigmondy[1]) haben bereits für nicht geschichtete Lippmann-Emulsionen bzw. Goldgelatine die Frage im Sinne der Planckschen Resonatorentheorie beantwortet. Es war nun zu untersuchen, wie die Verhältnisse bei andern, zum Teil viel grobkörnigeren photographischen Schichten liegen.

Zunächst lag uns daran, möglichst intensive Farben zu erzielen. F. Kirchner erhielt (im durchfallenden Licht auftretend):

---

1) F. Kirchner, D. A. 13,239. 1904. F. Kirchner und R. Zsigmondy, D. A. 15,573. 1904. Daselbst die weitere Literatur.

Rubinrot-Braunrot mit Pyrogallol + NH_3 + KBr;
Grasgrün-Olivgrün mit Amidol
Grün mit Pyrogallol + $NaOH$
Braunviolett mit Metol
Violett-Blau (schleierig) mit altem Metol (zufällig)
Purpur mit Rodinal + NH_3 + KBr.

Er fand, dass äusserst feines Korn die rote, gröberes die grüne Farbe begünstigt.

Versuche mit Chlorbromsilbergelatine.

Es gelang uns an einer Emulsion mittels einer Entwicklersubstanz mit grosser Sicherheit folgende Farben herzustellen:

Rot	Blau
Gelb	Violett
Grün	Purpur.

Auch stellten wir einige weitere Methoden zur absolut sicheren Erzielung blauer Töne fest.

Die mikroskopische Untersuchung [1]) ergab folgende Resultate, die durch einige Daten über die entsprechenden Grössen an gewöhnlichen Negativen erläutert werden mögen:

	Negativ	Positiv		
Grösse des Silberkorns	2—6,5 μ^2	0,3—1,2 μ^2		
Dicke der Silberkornschicht	0,002—0,02 mm	Rot	0,0025 mm	
		Gelb	0,0015 „	
		Grün	0,015 „	
		Blau	0,004 „	
Mittl. Abstand der Silberkörner	Sehr variabel, etwa 0,009—0,02 mm	Rot	0,0012 mm	ziemlich variabel
		Gelb	0,0009 „	
		Grün	0,002 „	
		Blau	0,0008 „	

F. Kirchner fand, dass die Farbe der Lippmannschichten durch Aufquellen geändert wird und zwar erhielt er folgende Farbumschläge:

1) Mikrophotographische und mikroskopische Hilfsmittel wurden uns in dankenswerter Weise von Herrn Geheimrat Prof. Dr. Gasser und von Herrn Prof. Dr. A. Meyer zur Verfügung gestellt.

Trocken	Nass
Blau	karminrot
(Grün	wenig geändert)
Purpur	schmutziggrün.

Unsere Schichten zeigten die Übergänge:

Rot	⟹	orange-gelb
Gelb	⟹	hellgelb ;
Grün	⟹	hellgrün
Blau	⟹	rot
Violett	⟹	weinrot
Purpur	⟹	hellrot.

F. Kirchner und R. Zsigmondy fanden, dass die Farbe von Goldgelatine durch Zusatz weiterer Gelatine nicht geändert wird. Ebenso erhielten wir aus unseren roten bzw. blauen Schichten nach Abkratzen, Verdünnen mit Gelatine, Giessen und Trocknen wieder rote bzw. blaue Töne. Wir fanden ferner, dass die Schichten keine Farbänderung erleiden, wenn sie durch Persulfat oder desgl. abgeschwächt, oder durch Silbernitrat-haltigen Entwickler verstärkt werden.

Wir wollen nun die verschiedenen Möglichkeiten der Farbentstehung diskutieren.

1. Körperfarben kommen nicht in Betracht. Eine gefärbte organische Verbindung (Oxydationsprodukt des Entwicklers) kann nicht die Ursache sein, da auch mit Eisenoxalat die Farben entstehen. Die Durchlassfarbe des Silbers kommt auch nicht in Betracht, da sie solcher Nüancierungen nicht fähig ist und vom Quellungszustand unbeeinflusst bleiben würde.

2. Beugungsfarben erscheinen ausgeschlossen, da die Korngrösse ohne Belang ist.

3. Interferenzfarben — durch Bildung stehender Wellen erregt — können, wie schon F. Kirchner hervorhebt, aus zwei Gründen nicht in Betracht kommen: einmal ist die Struktur der Schichten eine völlig ungeordnete, ferner aber müsste, falls Interferenzerscheinungen massgebend wären, bei der Quellung das Absorptionsmaximum grade nach Rot verschoben werden, während das Umgekehrte der Fall ist.

4. Optische Resonanz.[1])

a) Es wäre möglich, dass Silberpartikelchen von der Dimension der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes als Resonatoren wirkten, wie es von Wood, Kossonogoff, Bock u. a. an Metallschichten etc. beobachtet worden ist. Dagegen spricht die Unveränderlichkeit der Farbe beim Verstärken und Abschwächen.

b) Es käme die von F. Kirchner und R. Zsigmondy zur Erklärung der Farberscheinungen an Goldgelatine aufgestellte Theorie in Betracht.. Dieses Präparat enthält in farbloser Gelatine-Grundmasse kleine Klümpchen, welche einige hundert bis tausend ultramikroskopische Goldpartikelchen eingelagert tragen. Der Abstand dieser Partikelchen ist massgebend für die Farbe nach einer von Planck entwickelten Theorie. Das Verhalten solcher Systeme beim Quellen und Verdünnen mit Gelatine stimmt gut mit den Forderungen der Planckschen Theorie: das Quellen ändert den Abstand der Goldpartikelchen innerhalb der Gelatine-Gold-Klümpchen, deshalb wird die Farbe variiert. Die Verdünnung mit Gelatine vergrössert nur die Entfernung der Klümpchen, nicht den Partikelabstand. Die Abschwächungs- und Verstärkungsresultate scheinen mir auch mit dieser Auffassung in Übereinstimmung zu stehen: Abschwächung vermindert die Silberpartikel-Zahl innerhalb der Klümpchen, Verstärkung vergrössert die einzelnen Teilchen; der Abstand wird in beiden Fällen nicht geändert. Nun wird nach unseren Versuchen durch Abschwächung bzw. Verstärkung nicht lediglich die Intensität des durchgelassenen Lichtes geändert, sondern auch der Sättigungsgrad; dies rührt m. E. daher, dass eine gewisse minimale Grösse für die Silberpartikel erforderlich ist, um sie zu Resonatoren zu machen; je geringer deren Anzahl nach Abschwächung ist, desto weniger gesättigt erscheint die Farbe; umgekehrt werden durch Verstärken immer mehr Partikel auf die erforderliche Grösse gebracht, und damit

1) Es scheint mir, als ob man in der Literatur die beiden unter a) und b) beschriebenen Arten optischer „Resonanz“ nicht genügend scharf auseinander gehalten hätte.

die Sättigung der Farbe erhöht. Ob nun die verhältnismässig grossen Partikel, die wir bei mikroskopischer Betrachtung an unseren Präparaten sehen, solche Silber-Gelatine-Klümpchen darstellen, oder ob sie nur grobe Silberpartikel repräsentieren, die neben sehr viel kleineren, von uns vielleicht kaum wahrgenommenen derartige Klümpchen auftreten, soll weiter untersucht werden.

Es sei noch bemerkt, dass bei gewissen Schichten, die auf bestimmte Weise entwickelt waren, durch einzelne — aber nicht alle — Abschwächer tatsächlich eine Farbenänderung (Rot $\rightleftarrows$ Blau) herorgerufen wird.

Versuche mit Silbernitrat-Gelatine.

Wir versuchten die nämlichen Erscheinungen auch an Silbernitratgelatine zu realisieren. Unter abgeändertem Entwicklungsverfahren ist uns die Erzielung jener verschiedenen Farbtöne auch gelungen; zu unserer Verwunderung trat jedoch der Farbumschlag beim Quellen nicht ein. Die Verhältnisse müssen also hier anders liegen. Die Platten liessen sich, grade so wie die andern, unter Änderung der Sättigung der Farbe verstärken und abschwächen.

Herr F. Richarz bemerkt mit Rücksicht auf eine vor kurzem von anderer Seite veröffentlichte Arbeit, welche ähnliche Fragen streift, dass Herr K. Schaum ihm schon im Januar d. J. die wesentlichsten Resultate seiner in Gemeinschaft mit Herrn E. Schloemann angestellten Untersuchungen mitgeteilt habe, und dass die Mitteilung in einer früheren Sitzung durch Zufälligkeiten unterblieben ist.

Darauf sprach Herr F. A. Schulze:

Über den Einfluss der Gleitung auf die Schallgeschwindigkeit in Röhren.

H. v. Helmholtz[1]) hat zum ersten Mal darauf aufmerksam gemacht, dass die Schallgeschwindigkeit in Röhren kleiner sein muss als in freier Luft; auch die Grösse dieser Verminderung hat er, unter Berücksichtigung der Reibung als alleiniger Ursache, berechnet. A. Kundt[2]) hat dann einige Jahre darauf mit Hülfe seiner Methode der Staubfiguren experimentell die Verringerung der Schallgeschwindigkeit in Röhren festgestellt und gemessen. Er fand die Verringerung grösser als sie nach der Formel von Helmholtz sein sollte und wies auf den Einfluss des Wärmeaustausches mit der Röhrenwand als weitere Ursache einer Schallgeschwindigkeitsverminderung hin. Eine ausführliche Theorie der Erscheinung unter Berücksichtigung der beiden genannten Umstände, der Reibung und der Wärmeleitung, ist kurz darauf von G. Kirchhoff[3]) gegegeben.

Kirchhoff machte hierbei die Voraussetzungen, dass an der Röhrenwand selbst das Gas die Temperatur der Wand hat, dass ferner das Gas dort keine radial gerichtete Geschwindigkeitskomponente besitzt, drittens, dass auch die Geschwindigkeit der Gasteilchen an der Wand in Richtung der Röhrenaxe Null ist, dass also die Gasmoleküle an der Röhrenwand festhaften, nicht an ihr gleiten.

Alle drei Voraussetzungen sind bei gewöhnlichem Druck als erfüllt zu betrachten. Die beiden ersten werden auch bei geringen Drucken noch erfüllt sein, während die dritte Voraussetzung, dass an der Röhrenwand die Gasteilchen auch keine Bewegung längs der Wand haben, bei geringen Drucken nicht mehr erfüllt ist.

---

1) H. Helmholtz, Verh. des naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg 1863. Bd. III. p. 16. Ges. Abh. Bd. I. p. 383.

2) A. Kundt, Monatsber. d. Berl. Ak. 19. Dez. 1867.

3) G. Kirchhoff, Pogg. Ann. **134**. p. 177. 1868.

Nach den Versuchen von Kundt und Warburg[1]) nämlich über innere Reibung von Gasen, die einige Jahre nach jener Abhandlung von Kirchhoff angestellt sind, haben die Gase bei geringen Drucken eine endliche Gleitung längs der Begrenzungsfläche, die sich bei ihren Versuchen von etwa 20 mm Druck an bemerkbar machte.

Diese Gleitung muss die durch die innere Reibung verursachte Schallgeschwindigkeitsverminderung bei geringem Druck wieder kleiner machen, als es die Kirchhoffsche Formel verlangt. Nach dieser ist die Verringerung der Schallgeschwindigkeit umgekehrt proportional dem Radius der Röhre. Vorhandene Gleitung wirkt im wesentlichen so, als ob bei sonst ungeänderten Verhältnissen der Radius der Röhre grösser würde.

Es schien von Interesse, den Einfluss der Gleitung genau zu berechnen.

Wir halten uns dabei ganz an den Kirchhoffschen Gang der Herleitung.

Kirchhoff machte bei der Schallbewegung in Röhren den Ansatz:

$$u = B \cdot R e^{ht + mx}$$
$$s = B \cdot R' e^{ht + mx}$$
$$\Theta = B \cdot R'' e^{ht + mx}.$$

Dabei bedeutet u die axiale, s die radiale Geschwindigkeitskomponente, Θ die Temperaturdifferenz gegen die konstante Temperatur der Röhrenwand.

B ist eine willkürliche Konstante.

R, R', R'' sind gewisse Funktionen des Abstandes r von der Röhrenaxe, h und m die als komplex anzunehmen sind, sind für Dämpfung, Frequenz und Fortpflanzungsgeschwindigkeit massgebende Grössen. Insbesondere ist $h = 2\pi n i$, wo n die Schwingungszahl ist.

Indem diese Ausdrücke für u, s und Θ in die allgemeinen Grundgleichungen eingeführt werden, ergeben sich folgende Beziehungen:

A. Kundt und E. Warburg, Pogg. Ann. **155**. p. 337 u. 525. 1875.

$$u = AQ - A_1 m\left(\frac{h}{\lambda_1} - \nu\right)Q_1 - A_2 m\left(\frac{h}{\lambda_2} - \nu\right)Q_2$$

$$s = -A\frac{m}{\frac{h}{\mu'}}\frac{dQ}{dr} - A_1\left(\frac{h}{\lambda_1} - \nu\right)\frac{dQ_1}{dr} - A_2\left(\frac{h}{\lambda_2} - \nu\right)\frac{dQ_2}{dr}$$

$$\Theta = \qquad A_1Q_1 + A_2Q_2.$$

Hierin sind A, A_1, A_2 zu bestimmende Konstanten. Für λ_1 und λ_2 gelten die Näherungsformeln $\lambda_1 = \frac{h^2}{a^2}$; $\lambda_2 = \frac{ha^2}{\nu b^2}$, wo a der wahre, b der Newtonsche Wert der Schallgeschwindigkeit in freier Luft ist. Ferner ist:

$$\nu = \frac{\text{Dichte} \times \text{specif. Wärme bei konst. Vol.}}{\text{Wärmeleitung}}; \quad \mu' = \frac{\text{Reibungskonstante}}{\text{Dichte.}}$$

Q, Q_1, Q_2 endlich sind Besselsche Funktionen nullter Ordnung, definirt durch die Gleichungen:

$$\frac{d^2Q}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{dQ}{dr} = \left(\frac{h}{\mu'} - m^2\right)Q; \quad \frac{d^2Q_1}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{dQ_1}{dr} = (\lambda_1 - m^2)Q_1;$$

$$\frac{d^2Q_2}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{dQ_2}{dr} = (\lambda_2 - m^2)Q_2.$$

An dieser Stelle führt Kirchhoff für die weitere Rechnung die drei genannten Voraussetzungen ein, dass u, s und Θ gleichzeitig verschwinden, wenn für r der Radius der Röhre gesetzt wird. Das erfordert, dass für diesen Wert von r die Determinante der Koefficienten von A, A_1, A_2 in den Ausdrücken von u, s Θ verschwindet, d. h.

$$\frac{m^2h}{\frac{h}{\mu'} - m^2}\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)\frac{d\,lg\,Q}{dr} + \left(\frac{h}{\lambda_2} - \nu\right)\frac{dQ_1}{dr} - \left(\frac{h}{\lambda_2} - \nu\right)\frac{dlgQ_2}{dr} = 0.$$

Dieses ist dann die Bestimmungsgleichung für m^2. Aus m ergiebt sich dann schliesslich durch Trennung des Reellen und Imaginären in einfacher Weise die Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

Wir wollen nun im folgenden, wie schon gesagt, ebenfalls voraussetzen, dass s und Θ an der Röhrenwand verschwinden. Dagegen sollen die Luftteilchen nicht fest an der Röhrenwand

haften, sondern dort an ihr gleiten können. Dabei soll also zwischen der ruhenden Wand und den an ihr gleitenden Gasteilchen eine äussere Reibungskraft wirken vom Betrage λu. Ist η die innere Reibungskonstante, so muss dann in bekannter Weise an der Röhrenwand, $r = R$, die Grenzbedingung gelten

$$\eta \left(\frac{\partial u}{\partial r}\right)_{r=R} = -\lambda \cdot u_{r=R},$$

oder, wenn der „Gleitungskoefficient" $\frac{\eta}{\lambda}$ mit g bezeichnet wird

$$g \left(\frac{\partial u}{\partial r}\right)_{r=R} + u_{r=R} = 0.$$

An der Röhrenwand, für $r = R$, müssen also die 3 Gleichungen gelten:

$$o = A\left(Q + \gamma \frac{\partial Q}{\partial r}\right) - A_1\left(\frac{h}{\lambda_1} - \nu\right) m \left(Q_1 + \gamma \frac{\partial Q_1}{\partial r}\right) - A_2\left(\frac{h}{\lambda_2} - \nu\right) m \left(Q_2 + \gamma \frac{\partial Q_2}{\partial r}\right)$$

$$o = -A \frac{m}{\frac{h}{\mu'} - m^2} \frac{\partial Q}{\partial r} - A_1 \left(\frac{h}{\lambda_1} - \nu\right) \frac{\partial Q_1}{\partial r} - A_2 \left(\frac{h}{\lambda_2} - \nu\right) \frac{\partial Q_2}{\partial r}$$

$$o = A_1 Q_1 + A_2 Q_2.$$

Es muss also die Determinante der Koefficienten von A, A_1, A_2 Null sein.

Dies giebt die Gleichung:

$$\frac{m^2 h}{\frac{h}{\mu'} - m^2} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right) \frac{d\,lg\,Q}{dr} + \left(\frac{h}{\lambda_1} - \nu\right) \frac{dlgQ_1}{dr} - \left(\frac{h}{\lambda_2} - \nu\right) \frac{dlgQ_2}{dr}$$

$$+ g \frac{d\,lg\,Q}{dr} \left\{\left(\frac{h}{\lambda_1} - \nu\right) \frac{dlgQ_1}{dr} - \left(\frac{h}{\lambda_2} - \nu\right) \frac{dlgQ_2}{dr}\right\} \left(1 + \frac{m^2}{\frac{h}{\mu'} - m^2}\right)_{r=R} = 0.$$

Es sei nun hierin zunächst $\frac{m^2}{\frac{h}{\mu'} - m^2}$ gegen 1 vernachlässigt $\left(\frac{h}{\mu'} - m^2\right.$ ist ausserordentlich gross gegen m^2). Ferner führen

wir dieselben Vernachlässigungen ein, deren sich Kirchhoff bei der weiteren Rechnung bedient hat.[1])

Dies giebt folgende Bestimmungsgleichung für m^2:

$$\sqrt{\mu}\sqrt{h} + \frac{a^2}{h}\frac{r}{2}\left(\frac{h^2}{a^2} - m^2\right) + \sqrt{\nu}\sqrt{h}\left(\frac{a}{b} - \frac{b}{a}\right) + g\sqrt{\frac{h}{\mu'}}$$
$$\left\{\frac{a^2}{h}\frac{r}{2}\left(\frac{h^2}{a^2} - m^2\right) + \sqrt{\nu}\sqrt{h}\left(\frac{a}{b} - \frac{b}{a}\right)\right\} = 0$$

oder

$$m^2\frac{a^2}{h^2}\frac{r}{2}h\left(1 + g\sqrt{\frac{h}{\mu'}}\right) = \sqrt{\mu'}\sqrt{h} + \frac{a^2}{h}\frac{r}{2}\frac{h^2}{a^2}\left(1 + g\sqrt{\frac{h}{\mu'}}\right)$$
$$+ \sqrt{\nu}\sqrt{h}\left(\frac{a}{b} - \frac{b}{a}\right)\left(1 + g\sqrt{\frac{h}{\mu'}}\right) = 0$$

oder $m^2 = \frac{h^2}{a^2}\left[1 + \frac{2}{r\sqrt{h}}\left\{\frac{\sqrt{\mu'}}{1 + g\sqrt{\frac{h}{\mu'}}} + \sqrt{\nu}\left(\frac{a}{b} - \frac{b}{a}\right)\right\}\right]$.

In der eckigen Klammer $h = 2\pi n i$ gesetzt giebt

$$m = \frac{h}{a}\left[1 + \frac{\sqrt{\mu'}}{r\sqrt{h}}\frac{1}{1 + \frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi}\,(1+i)} + \frac{\sqrt{\nu}}{r\sqrt{h}}\left(\frac{a}{b} - \frac{b}{a}\right)\right.$$

$$- \frac{\sqrt{n\pi}\,(1+i)}{ar}\;\frac{\sqrt{\mu'}\,i\,\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi}}{\left(1 + \frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi}\right)^2 + g^2\frac{n\pi}{\mu'}}$$

$$= \frac{h}{a}\left[1 + \frac{\sqrt{\mu'}}{r\sqrt{h}}\frac{1 + \frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi}}{\left(1 + \frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi}\right)^2 + g^2\frac{n\pi}{\mu'}} + \frac{\sqrt{\nu}}{rh}\left(\frac{a}{b} - \frac{b}{a}\right)\right.$$
$$\left. - \frac{h}{a}\,i\,\frac{\sqrt{\mu'}}{r\sqrt{h}}\,g\,\frac{\sqrt{n\pi}}{\sqrt{\mu'}}\;\frac{1}{\left(1 + \frac{g}{\sqrt{\mu}}\sqrt{n\pi}\right)^2 + g^2\frac{n\pi}{\mu'}}\right]$$

---

1) Ausser den ausdrücklich angegebenen Vernachlässigungen ist noch im ersten Glied nach Erweiterung mit $\mu\,\mu' m^2$ gegen h, $\frac{1}{\lambda_2}$ gegen $\frac{1}{\lambda_1}$, und ferner im zweiten Glied ν gegen $\frac{h}{\lambda_1}$ vernachlässigt.

$$= \frac{h}{a}\left[1 + \frac{\gamma''}{r\sqrt{h}} - i\frac{n\pi g}{ar} \frac{1}{(1+\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi})^2 + g^2\frac{n\pi}{\mu'}} + \frac{n\pi g}{ar} \frac{1}{(1+\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi})^2 + g^2\frac{n\pi}{\mu'}}\right]$$

wobei $\gamma'' = \sqrt{\mu'} \frac{1+\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi}}{(1+\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi})^2 + g^2\frac{n\pi}{\mu'}} + \sqrt{\nu}\left(\frac{a}{b} - \frac{b}{a}\right)$

$m = m' + im''$. Es ist

$$m' = \frac{\gamma''\sqrt{\pi n}}{ar} + \frac{n\pi g}{ar} \cdot \frac{1}{(1+\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi})^2 + g^2\frac{n\pi}{\mu'}},$$

$$m'' = \frac{2\pi n}{a} + \frac{\gamma''\sqrt{\pi n}}{ar} - g\frac{\pi n}{ar} \cdot \frac{1}{(1+\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi})^2 + g^2\frac{n\pi}{\mu'}}$$

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles ergiebt sich also schliesslich als:

$$v = \frac{2\pi n}{m''} = a\left\{1 - \frac{\gamma''}{2r\sqrt{\pi n}} + \frac{g}{2r} \frac{1}{(1+\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi})^2 + g^2\frac{n\pi}{\mu'}}\right\}$$

Erster Spezialfall: $\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi}$ klein gegen 1.

In den weitaus meisten praktisch realisirbaren Fällen ist nun $\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi}$ klein gegen 1.

Es wird dann $v = a\left(1 - \frac{\gamma}{2r\sqrt{n\pi}} + \frac{g}{r}\right)$.

Hierbei ist γ die von Kirchoff so bezeichnete Grösse $\gamma = \sqrt{\mu'} + \sqrt{\nu}\left(\frac{a}{b} - \frac{b}{a}\right)$. Bei fehlender Gleitung ergiebt sich also, wie es ja sein muss, der Kirchhoff'sche Ausdruck.

Der Einfluss der Gleitung tritt nun einfach additiv dazu. Er ist unabhängig von der Schwingungszahl, und umgekehrt proportional dem Radius der Röhre. Wie vorauszusehen, wirkt die Gleitung der Schallgeschwindigkeits-Verminderung in Röhren entgegen, nähert sie wieder dem normalen Wert a.

Zweiter Spezialfall: $\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{\pi n}$ gross gegen 1.

Es wird $v = a\left\{1 - \frac{\sqrt{\mu'}}{2r\sqrt{n\pi}}\,\frac{1}{2\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi}} + \frac{g}{4rg^2\frac{n\pi}{\mu'}} - \frac{\sqrt{\nu}\left(\frac{a}{b}-\frac{b}{a}\right)}{2r\sqrt{n\pi}}\right\}$ oder $v = a\left\{1 - \frac{\sqrt{\nu}}{2r\sqrt{n\pi}}\left(\frac{a}{b}-\frac{b}{a}\right)\right\}$.

In diesem Fall ist also die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Röhren von dem Einfluss der Wärmeleitung abgesehen ebensogross wie in freier Luft. Dieses Ergebnis war vorauszusehen. Denn wenn die Gleitung g sehr gross wird, so bedeutet das, dass die Bewegung der Gasteilchen durch die Anwesenheit der Wand überhaupt nicht beeinflusst wird; sie erfolgt ebenso wie in freier Luft.

Dagegen bleibt natürlich der Einfluss der Wärmeleitung bestehen, da ja die Grenzbedingung $\vartheta = 0$ an der Röhrenwand beibehalten ist.

Uebrigens wird man auch noch den Einfluss des Temperatursprunges an der Wand berücksichtigen müssen, der bereits von Kundt und Warburg vorhergesagt, von Smoluchowski und Gehrcke quantitativ bestimmt ist.

Die Berechnung dieses Einflusses soll in einer späteren Arbeit behandelt werden.

Numerische Berechnung.

Von Interesse ist nun, von welcher Grössenordnung numerisch der Einfluss der Gleitung ist.

Von vornherein sind die Verhältnisse stets so zu wählen, dass die Korrektionsglieder klein sind. Da γ umgekehrt proportional der Wurzel aus der Dichte ist, so wird demgemäss bei kleinen Drucken für n ein grosser Wert anzunehmen sein, damit das Korrektionsglied klein bleibt. Da es uns nur auf die Grössenordnung ankommt, mögen einige Rechnungsvereinfachungen eintreten.

Es sei gesetzt $k = 1{,}6\,\varepsilon c_v$ [1])
wo k = Wärmeleitfähigkeit,
ε = Reibungskonstante,
c_v = Specifische Wärme bei konstanten Volumen.

Ferner sei mit O. E. Meyer [2]) angenommen, dass die Gleitungskonstante g gleich der mittleren Weglänge L ist.

Ist ϱ die Dichte, so wird dann z. B. für Luft bei 0^0 und 760 mm: $\gamma = 0{,}55$.

Druck und Schwingungszahl seien derartig, dass $\frac{g}{\sqrt{\mu}}\sqrt{n\pi}$ klein gegen 1 ist, sodass nach der Formel A zu rechnen ist.

Es wird dann für 0^0, 0,5 mm Hg, $r = 10$ mm, $n = 3182$ $(\sqrt{n\pi} = 100)$ $\frac{\gamma}{2r\sqrt{\pi n}} = 0{,}214$; $\frac{g}{r} = 0{,}030$, also $v = 0{,}816\,\mathrm{a}$ (gegen 0,893 a ohne Gleitung).

Unter denselben Verhältnissen wird bei $r = 5$ mm:
$\frac{\gamma}{2r\sqrt{\pi n}} = 0{,}214$, $\frac{g}{r} = 0{,}030$, also $v = 0{,}816\,\mathrm{a}$ (gegen 0,786 a).

Bei 0^0 und 0,5 mm Druck, aber $h = 12739$ $(\sqrt{n\pi} = 200)$ wird für $r = 10$ mm: $\frac{\gamma}{2r\sqrt{\pi n}} = 0{,}053$; $\frac{g}{r} = 0{,}015$, also $v = 0{,}962\,\mathrm{a}$ gegen 0,947 a, für $r = 10$ mm: $\frac{\gamma}{2r\sqrt{\pi n}} = 0{,}107$; $\frac{g}{r} = 0{,}030$, also $v = 0{,}932\,\mathrm{a}$ gegen 0,893 a.

---

1) Vgl. z. B. O. E. Meyer, Die kinetische Theorie der Gase, Breslau 1903, 2. Aufl., p. 292.

2) O. E. Meyer, lc. p. 212.

Bei 0°, 2,5 mm Druck, $n = 12739$, $r = 1$ mm ergiebt sich $\frac{\gamma}{2r\sqrt{n\pi}} = 0{,}238$; $\frac{g}{r} = 0{,}150$, also $v = 0{,}912\,a$ gegen $0{,}762\,a$.

Nehmen wir den Druck etwas grösser.

Es sei $p = 7{,}6$ mm, $r = 5$ mm, $n = 963$ ($\sqrt{n\pi} = 55$).

Es wird $\frac{\gamma}{2r\sqrt{n\pi}} = 0{,}10$; $\frac{g}{r} = 0{,}01$, also $v = 0{,}91\,a$ gegen $0{,}90\,a$ ohne Gleitung.

Für $p = 7{,}6$ mm, $r = 2{,}5$ mm, $n = 3850$ ($\sqrt{n\pi} = 110$) wird $\frac{\gamma}{2r\sqrt{n\pi}} = 0{,}10$; $\frac{g}{r} = 0{,}02$, also $v = 0{,}92\,a$ gegen 0,90 ohne Gleitung.

Für $p = 7{,}6$, $r = 0{,}125$, $n = 15\,407$ ($\sqrt{n\pi} = 220$) wird $\frac{\gamma}{2r\sqrt{n\pi}} = 0{,}10$; $\frac{g}{r} = 0{,}04$, also $v = 0{,}94\,a$ gegen $0{,}90\,a$ ohne Gleitung.

Schliesslich sei noch ein Beispiel angegeben, bei dem $\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi}$ nicht mehr klein gegen 1 ist.

Es ist für Luft bei 0°, 0,76 mm Druck und für $n = 50000$ $\frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi}$ circa 0,32.

Es wird für $r = 0{,}1$ cm:

$$\frac{\gamma''}{2r\sqrt{\pi n}} = 0{,}178; \quad \frac{g}{2r}\,\frac{1}{\left(1 + \frac{g}{\sqrt{\mu'}}\sqrt{n\pi}\right)^2 + \frac{g^2}{\mu'}n\pi} = 0{,}026.$$

(Allerdings steckt hier ein Teil des Einflusses von g auch in dem Glied $\frac{\gamma}{2r\sqrt{\pi n}}$).

Es wird $v = 0{,}848\,a$ (gegen $0{,}822\,a$ ohne Gleitung).

Für $n = 50000$, $r = 0{,}2$ cm, 0,5 mm Druck wird $v = 0{,}919\,a$ (gegen $v = 0{,}902\,a$).

Es zeigt sich also, dass der Einfluss der Gleitung bei gewöhnlicher Temperatur zwar nicht sehr bedeutend ist, aber doch immerhin einige Prozente ausmachen kann, zumal bei recht geringen Drucken.

(Bei extrem geringen Drucken verliert ja schliesslich der Begriff der inneren Reibung seine Bedeutung).

Dämpfung.

Die für die Dämpfung massgebende Grösse ist der reelle Teil von m, m'.

Bei fehlender Gleitung ist $m' = \gamma \frac{\sqrt{\pi n}}{a r}$.

Bei vorhandener Gleitung ist

$$m' = \frac{\sqrt{\pi n}}{ar} \left\{ \sqrt{\mu'} \frac{1 + \frac{g}{\mu'} \sqrt{\pi n}}{(1 + \frac{g}{\sqrt{\mu'}} \sqrt{\pi n})^2 + g^2 \frac{n\pi}{\mu'}} \sqrt{\nu} \left(\frac{a}{b} + \frac{b}{a} \right) \right\}$$

$$+ \frac{n g \pi}{ar \left\{ (1 + \frac{g}{\sqrt{\mu'}} \sqrt{\pi n}^2 + g^2 \frac{\pi n}{\mu'} \right\}}$$

Ist $\frac{g}{\mu'} \sqrt{\pi n}$ klein gegen 1, so wird annähernd

$$m' = \gamma \frac{\sqrt{n\pi}}{ar} - g \frac{\pi n}{ar} + \frac{n \pi g}{ar} = \gamma \frac{\sqrt{n\pi}}{ar}.$$

Bei geringer Gleitung wird also die Dämpfung so gut wie gar nicht geändert.

Ist dagegen g ausserordentlich gross, so wird

$$m' = \frac{1}{ar} \sqrt{\nu} \sqrt{\pi n} \left(\frac{a}{b} - \frac{b}{a} \right),$$

hängt also nur noch von der Wärmeleitung ab, wie es auch sein muss. Denn wenn die äussere Reibung überhaupt Null ist, so bleibt als wesentlich dämpfender Einfluss in Röhren nur

noch die Wärmeleitung übrig. Der letztere Fall wird allerdings kaum je irgendwo verwirklicht sein.

Experimentell nachweisbar wird der Einfluss der Gleitung jedenfalls erst bei niedrigen Drucken sein. Versuche über die Schallgeschwindigkeit in Röhren bei niedrigen Drucken sind, so weit ich finden kann, bisher noch sehr wenig angestellt.

Es kommen hier in Betracht die Arbeiten von R. Krajewitsch[1]) und A. G. Stoletow.[2]) Ersterer ging herunter bis zu Drucken von etwas über 2 mm. Er fand eine ganz enorme Verringerung der Schallgeschwindigkeit mit dem Druck; z. B. in eine Bleiröhre von 3 mm Durchmesser bei 2,2 mm und 21,3^0 nur noch 82 m. Bei den sehr geringen Drucken wurde die fortschreitende Luftwelle durch plötzliche Expansion eines kleinen komprimirten Luftquantums hervorgebracht. Es wäre von Interesse, diese Versuche mit wirklichen periodischen Tönen zu wiederholen. Da hier kein bestimmter Wert von n angegeben werden kann, lassen sich an diesen Versuchen die abgeleiteten Beziehungen nicht prüfen.

Die Versuche von Stoletow, die mit Hülfe von Kundt'schen Staubfiguren angestellt sind, gehen nur bis zu 50 mm Druck herunter, sodass der Einfluss der Gleitung bei ihnen noch nicht merklich sein kann und an ihnen eine Prüfung der Theorie nicht möglich ist. Über eigene experimentelle Prüfungen der abgeleiteten Beziehungen hoffe ich demnächst berichten zu können.

1) K. Krajewitsch, J. d. russ. phys.-chem. Ges. (9) **17**, p. 335—397. 1885.
2) A. G. Stoletow, J. d. russ. phys.-chem. Ges. (9) **18**, p. 65—72. 1886. Über den Inhalt beider in russischer Sprache geschriebenen Abhandlungen findet sich ein sehr ausführliches Referat in Beibl. **11**, p. 15—19. 1887.

Ferner berichtete Herr F. A. Schulze:

Über die Schwingungen von mehreren mit einander mangetisch gekoppelten elektrischen Schwingungskreisen.

Die Schwingungen von zwei mit einander gekoppelten elektrischen Schwingungskreisen sind mehrfach[1]) eingehend theoretisch behandelt, namentlich mit Rücksicht auf ihr Vorkommen bei der drahtlosen Telegraphie und dem Bau von Teslaapparaten. Die Schwingungen von beliebig vielen komplizierten Schwingungskreisen sind ebenfalls öfter,[2]) kürzlich sehr eingehend, besonders im Hinblick auf die Möglichkeit einer Erklärung der Gesetzmässigkeiten in den Spektrallinien, von A. Garbasso[3]) untersucht und die allgemeinen Gleichungen angegeben, auf die man dabei geführt wird. Es seien im folgenden einige Sätze aus diesem Gebiete mitgeteilt, die vielleicht nicht ohne Interesse sind.

Es sollen die Schwingungen einer beliebigen Anzahl von elektrischen Schwingungskreisen untersucht werden, unter den beschränkenden Annahmen, dass die freien Schwingungen der einzelnen ungekoppelten Schwingungskreise alle dieselbe Frequenz besitzen und dass der Widerstand der Kreise zu vernachlässigen ist, ferner dass der Vorgang quasistationär ist, und die Kreise nur magnetisch miteinander gekoppelt sind. Es sei n die Anzahl der Resonatoren, φ_a die Potentialdifferenzen der Belegungen der Kondensatoren, L_{ab} die Selbstinduktionskoefficienten, bez. die gegenseitigen Induktionskoeffizienten, J_a die Stromstärken, K_a die

---

1) A. Oberbeck, Wied. Ann. **55**, p. 632, 1895; J. v. Geitler, Wiener Ber. Febr. u. Okt. 1895; Fürst B. Galitzin, Petersburger Ber. Mai u. Juni 1895. M. Wien; Wied. Ann. **61**, p. 151, 1897; Ann. d. Phys. **8**, p. 686, 1902. P. Drude, Ann. d. Phys. **13**, 513, 1904. R. Domalip u. F. Koláček, Wied. Ann. **57**, p. 731, 1896; V. Bjerknes, Wied. Ann. 55, p. 120, 1895.

2) J. v. Geitler, Wied. Ann. **55**. p. 513. 1895; Wied. Ann. **57**. p. 412. 1896: Wied. Ann. **66**. p. 999. 1898.

3) A. Garbasso, Vorlesungen über theoretische Spektroskopie, Leipzig 1906.

Kapacitäten; die Ableitungen nach der Zeit seien mit Strichen bezeichnet.

Es gelten dann die n Gleichungen:

$$1)\quad \begin{array}{l} \varphi_1 - L_{11} J_1' - L_{12} J_2' - L_{13} J_3' - \ldots = 0 \\ \vdots \\ \varphi_n - L_{n1} J_1' - \ldots\ldots\ldots - L_{nn} J_n' = 0. \end{array}$$

Ferner ist:

$$2)\quad J_1 = -K_1 \frac{d\varphi_1}{dt};\ J_2 = -K_2 \frac{d\varphi_2}{dt} \ldots J_n = -K_n \frac{d\varphi_n}{dt}.$$

Differenziert man jede der Gleichungen 1) nach t, so kommt:

$$3)\quad \begin{cases} \frac{J_1}{K_1} + L_{11} J_1'' + L_{12} J_2'' + \ldots + L_{1n}'' J_n'' = 0 \\ \vdots \\ \frac{J_n}{K_n} + L_{n1} J_1 + \ldots\ldots + L_{nn} J_n'' = 0. \end{cases}$$

Ist ν die Frequenz der Eigenschwingungen der Schwingungskreise, die nach Annahme für alle dieselbe sein soll, so ist

$$4)\quad \nu_1^2 = \frac{1}{L_{11} K_1} = \nu_2^2 = \frac{1}{L_{nn} K_n} = \ldots = \nu^2.$$

Hierdurch werden die Gleichungen:

$$5)\quad \begin{cases} \nu^2 L_{11} J_1 + L_{11} J_1'' + L_{12} J_2'' + \ldots + L_{1n} J_n'' = 0 \\ \vdots \\ \nu^2 L_{nn} J_n + L_{n1} J_1'' + L_{n2} J_2'' + \ldots + L_{nn} J_n'' = 0. \end{cases}$$

Zur Integration dieser Gleichungen sei nun formal der Ansatz gemacht

$$6)\quad J_1 = A_1 e^{N't};\ J_2 = A_2 e^{N't};\ \ldots\ldots J_n = A_n e^{N't}.$$

Setzen wir dann noch $\frac{\nu'^2}{N'^2} = N^2$, so wird aus 5)

$$
7)\quad
\begin{array}{l}
(L_{11} + L_{11} N^2) A_1 + L_{12} A_2 + \ldots. + L_{1n} A_n = 0 \\
L_{21} A_1 + (L_{22} + L_{22} N^2) A_2 + \ldots. + L_{2n} A_n = 0 \\
\vdots \\
L_{n1} A_1 + L_{n2} A_2 + - - - + (L_{nn} + L_{nn} N^2) A_n = 0
\end{array}
$$

oder, wenn man schreibt $\frac{L_{ab}}{L_{aa}} = k_{ab}$ und jede Gleichung durch L_{11}, bez. L_{22} u. s. w. dividiert

$$
8)\quad
\begin{array}{l}
(1 + N^2) A_1 + k_{12} A_2 + k_{13} A_3 + \ldots.. = 0 \\
\vdots \\
k_{n1} A_1 + - - - + (1 + N^2) A_n = 0.
\end{array}
$$

Soll es von Null verschiedene Lösungen der A_a dieser Gleichungen geben, so musss die Determinante verschwinden, d. h., wenn $N^2 = z$ gesetzt wird:

$$
9)\quad
\begin{vmatrix}
1 + z & k_{12} & \ldots. & k_{1n} \\
\vdots & & & \\
k_{n_1} & \ldots\ldots. & & 1 + z
\end{vmatrix} = 0.
$$

Dies giebt eine Gleichung, aus der sich n Werte für $z = N^2$ formal berechnen lassen, die im allgemeinen positiv oder negativ, reell oder komplex sein können.

Ein positiver reeller Wert von N^2 würde keine oscillatorische Bewegung ergeben, und da man ohne weiteres nichts über die Art der Wurzeln weiss, so kann man nichts angeben über die Zahl der wirklichen Oscillationen, aus denen sich die Schwingung der gekoppelten Systeme zusammensetzt.

Nun lässt sich aber zeigen, dass es überhaupt nur reelle, negative Lösungen für N^2 geben kann. Alle n Lösungen für N^2 sind von der Form

$$N^2 = -p^2, \text{ also } N = \pm ip.$$

Der Beweis hierfür ist formal in ganz derselben Weise zu geben, wie er für ein vollkommen analoges Problem aus der Elasticitätstheorie sich findet im Band III der „Vorlesungen über Theoretische Physik von H. von Helmholtz," herausgegeben von Arthur König und Karl Runge.

Es handelt sich dort, p. 10 ff., um die Bewegungen, die ein beliebiges System von Massenpunkten unter dem Einfluss konservativer Kräfte in der Nähe einer stabilen Gleichgewichtslage ausführt.

Die Gleichungen, auf die dieses Problem schliesslich führt, sind formal genau übereinstimmend mit den Gleichungen 7); es sind dies die l. c. p. 15 stehenden Gleichungen 21). Es entsprechen dabei die P_{ab} den L_{ab}, die m_a den L_{aa}, die a_a den A_a, n^2 dem N^2.

Es wird dort bewiesen, dass n^2 nur negative reelle Werte haben kann. Der Beweisgang lässt sich hier unter Benutzung der eben genannten Übertragungen wörtlich so geben, wie dort geschehen ist, sodass auf eine ausführliche Wiedergabe verzichtet und auf die genannte Stelle verwiesen werden kann.

Nur an einer Stelle, die den Kernpunkt des Beweises bildet, muss hier eine Änderung eintreten.

Der Gleichung 22a) (l. c. p. 16)

$$n^2 \sum_b (m_a \cdot a_a^2) = - \sum_a \sum_b P_{ab} \cdot a_a \cdot a_b$$

entspricht hier die Gleichung $N^2 \sum_b L_{aa} \cdot A_a{}^2 = - \sum_a \sum_b L_{ab} \cdot A_a \cdot A_b$.

Die Doppelsumme rechts ist dort eine stets positive Grösse, weil sie die potentielle Energie des Systems bei der Bewegung in der Nähe des stabilen Gleichgewichts, also in der Umgebung eines Minimums der potentiellen Energie, darstellt.

Hier ist die entsprechende Doppelsumme $\sum_a \sum_b L_{ab} \cdot A_a \cdot A_b$ ebenfalls eine stets positive Grösse, da sie nichts anderes ist, als das doppelte der magnetischen Energie des Stromsystems, wenn die Stromstärken gerade die Werte $A_a \ldots$ haben; und

diese magnetische Energie ist stets positiv, welche Werte die Stromstärken auch besitzen.

Unter Berücksichtigung dieses Umstandes ergiebt sich also, dass es stets n negativ reelle Lösungen für N^2 giebt, dass also stets $N' = \mp i \nu p'$, wo p' positiv reell ist. Man kann also demgemäss (siehe die ausführlichen Darlegungen l. c. p. 17 ff.) stets J_a in der Form ansetzen: $J_a = A_a \cdot Jin\ (\nu p' t + \gamma)$.

Jedem der n-Werte von p' entspricht eine Eigenschwingung des Systems.

Das gegebene elektrische Schwingungssystem schwingt also derartig, dass die Schwingung jedes einzelnen eine Superposition von n Sinusschwingungen ist, deren Frequenzen im allgemeinen sowohl untereinander als von der ursprünglichen Frequenz verschieden sind. Die Grösse dieser n Frequenzen ist aber für alle einzelnen Systemkomponenten dieselbe.

Von Interesse ist nun weiter, in welcher Beziehung die Frequenzen $\nu p'$ des gekoppelten Systems zu derjenigen der einzelnen ungekoppelten Schwingungskreise, zu ν, stehen.

Um hierüber etwas zu erfahren, ist die Determinantengleichung 9) zu betrachten. Diese lässt sich schreiben in der Form:

10) $$z^n + b_1 z^{n-1} + b_2 z^{n-2} + \ldots . + b_n = 0.$$

Hierbei sind die b in einfacher Weise als Summen von Determinanten darstellbar,[1]) und zwar ist der Koefficient von z^{n-m}, b_m, gegeben als Summe aller Determinanten $(n-m)$ten Grades, die sich aus der Determinante

$$\begin{vmatrix} 1\ k_{12}\ k_{13} \ldots k_{1n} \\ k_{21}\ 1 \ldots\ldots k_{2^n} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ k_{n1} \ldots\ldots\ldots\ldots 1 \end{vmatrix}$$

1) R. Baltzer, Theorie und Anwendung der Determinanten. 5. Auflage. Leipzig 1881, p. 37 u. 38.

ergeben in der Weise, dass man immer je m gleichliegende Vertikal- und Horizontalreihen fortlässt.

Hier ist nun offenbar $b_1 = n$.

b_1 ist aber die negative Summe aller Wurzeln der Gleichung 10).

Es muss also mindestens einer der Werte von N^2 zwischen -1 und $-\infty$, und mindestens einer zwischen 0 und -1 liegen, oder:

Unter den n Frequenzen des gekoppelten Systems ist mindestens eine kleiner, und mindestens eine grösser als die ursprüngliche Frequenz der einzelnen ungekoppelten Schwingungskreise.

Im einzelnen können diese Frequenzen sonst beliebig zu den ursprünglichen gelegen sein; es hängt dies von der zufälligen Lage des Systems ab.

Von Interesse ist schliesslich vielleicht noch die Folgerung, dass die kleinste der möglichen Frequenzen nicht unter $\frac{\nu}{\sqrt{n}}$ heruntergehen kann, was einfach daraus folgt, dass die Summe der Quadrate der Frequenzen $= \frac{\nu^2}{n}$ ist. Es kann nun im äussersten Fall so sein, dass $n-1$ der Summanden Null sind, der letzte Summand ist dann eben $= \frac{\nu^2}{n}$. Es ist dies um so mehr der Fall, je mehr sich die Koppelung einer ganz festen nähert.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 5 Mai 1906

In der ordentlichen Sitzung vom 9. Mai sprach Herr Römer (nach gemeinschaftlichen Versuchen mit Dr. Much):

Ueber intestinale Antitoxinresorption.

Während wir die grosse Mehrzahl der Medikamente an unsere Patienten verfüttern und erwarten, dass sie auf diesem Wege zur Wirkung gelangen, spritzen wir das Diphtherieserum und sonstige schutz- und heilkräftige Sera unter die Haut oder führen sie in andere künstlich geöffnete Gewebe ein. Hierbei leitet uns die Erfahrung, dass vom Magen-Darm aus die Antitoxine nicht ins Blut übergehen. Das erscheint uns nicht verwunderlich, da wir einerseits die enge Verknüpfung der antitoxischen Funktion mit den genuinen Eiweisskörpern des Blutserums kennen und anderseits wissen, dass die genuinen Proteine im Magendarmkanal durch die Verdauungssäfte zu Albumosen, Peptonen und noch weiter gehenden Spaltungsprodukten abgebaut werden, ehe sie zur Resorption gelangen. Da aber jede Denaturierung des antitoxischen Eiweisses von Antitoxinverlust begleitet ist und der völlige Abbau des genuinen Eiweissmoleküls auch zur völligen Vernichtung der antitoxischen Funktion führt, können wir schon a priori nicht erwarten, dass wir nach Verfütterumg antitoxischen Serums im Blut der gefütterten Individuen Antitoxin finden, und Experimente bestätigen überdies diese Vermutung.

Indes dürfen diese Angaben doch nicht vollkommen verallgemeinert werden. Wie zuerst Ehrlich an abrin- und ricinimmunen Mäusen gezeigt hat, gehen auch auf intestinalem Wege Antitoxine über und zwar durch den Akt der Säugung bei Neugeborenen — eine Tatsache, die später auch für das Diphtherie- und Tetanusantitoxin bestätigt und uns verständlich wurde, nachdem nachgewiesen war, dass das Antitoxin aus dem Blute säugender Mütter in die Milch übergeht. Auch hier zeigt es sich eng an das genuine Milcheiweiss — das Laktalbumin und das Laktoglobulin — geknüpft.

Vor mehreren Jahren (1901) berichtete ich über quantitative Antitoxinbestimmungen im Blute eines Fohlens, das von diphtherieimmuner Mutter stammend antitoxinfrei geboren wurde und unter dem Einfluss der Säugung eine bis zum 12. Lebenstag allmählich steigende Antitoxinmenge im Blut aufwies. Von diesem Tage ab verminderte sich der Antitoxingehalt rasch; es mussten also die Verhältnisse für eine Antitoxinresorption ungünstiger geworden sein. Daraus zog ich die Schlussfolgerung, dass der Magendarmkanal Neugeborener zwar Antitoxin und damit auch genuines Eiweiss unverändert resorbiert, nicht aber der Intestinaltraktus älterer oder ausgewachsener Individuen.

Eine Stütze erhielt meine Angabe durch die Untersuchungen Ganghofner's und Langer's, die unter Benutzung einer etwas anderen Versuchsanordnung die Giltigkeit meiner Behauptung auch für Hunde, Katzen, Kaninchen, Zickel und auch für den menschlichen Säugling feststellten.

Salge studierte die gleiche Frage in zwei Arbeiten, in denen er nachwies, dass beim menschlichen Neugeborenen Antitoxin übergeht, wenn man es der Mutter bezw. der Amme in Form von antitoxischem Serum unter die Haut spritzt, dass die Antitoxinresorption aber ausblieb, wenn er der Milch erst in der Flasche das antitoxische Serum zusetzte oder wenn er seinen Säuglingen Ziegenmilch verabreichte, die infolge einer isopathischen Immunisierung des milchliefernden Tieres Antitoxin enthielt.

Eine unmittelbare Vergleichung der Salge'schen Versuchsreihen untereinander hinsichtlich der Bedingungen, unter denen

eine intestinale Antitoxinresorption stattfindet oder ausbleibt, ist deshalb nicht möglich, weil es sich in dem einen Fall um natürlich d. h. mit Muttermilch, im andern Fall um künstlich d. h. mit artfremder Milch ernährte Säuglinge handelt.

Neuerdings hat dann noch Uffenheimer das gleiche Thema bearbeitet. Er stellte beim neugeborenen Meerschwein stets intestinalen Antitoxinübergang fest, während er beim ausgewachsenen Tier denselben immer vermisste. Auch er bestätigt also meine Angaben, wenn er auch in der Deutung der von mir und ihm beobachteten Phaenomene mit mir differiert.

Inzwischen hatte ich in einer vor $1\frac{1}{2}$ Jahren veröffentlichten Arbeit die Frage von neuem in Angriff genommen. Es kam mir damals vor allem darauf an zu erfahren, ob auch unter wirklich vergleichbaren physiologischen Bedingungen sich Unterschiede zwischen neugeborenen und älteren Individuen hinsichtlich der intestinalen Antitoxinresorption ergaben. An diese Versuche schliessen sich — wenn auch nicht der Zeit, so doch dem Sinn nach — unsere neuerdings angestellten Experimente an.

Unsere Versuche erstrecken sich zunächst auf quantitative Antitoxinbestimmungen in der Milch mit Tetanusantitoxin behandelter Kühe und im Blute der mit solcher antitoxischen Milch ernährten Kälber.

Die in Tabelle 1 übersichtlich zusammengestellten Versuche beziehen sich auf Kühe, denen grössere Dosen tetanusantitoxinhaltigen Pferdeserums (Spalte 2) unter die Haut gespritzt wurden, und zwar den Rindern 72, 75 und 70 vor dem Abkalben, dem Rind 67 5 Tage nach dem Kalben (Spalte 3). Der Antitoxingehalt in der Milch dieser Tiere wurde bei den erstgenanten Tieren kurz nach dem Kalben, bei Nr. 67 24 Stunden nach der Seruminjektion bestimmt (Spalte 4). Das Serum des jungen Kalbes, das sich in allen (auch den nachher aufzuführenden Versuchen) unmittelbar nach der Geburt immer antitoxinfrei erwies, wurde nach 7tägiger Säugung des Jungen durch das Muttertier auf Antitoxin quantitativ untersucht (Spalte 7). Was die Berechnung der ge-

nannten verfütterten Antitoxinmenge (Spalte 6) betrifft, so sind wir von der — im grossen und ganzen wohl richtigen — Annahme ausgegangen, dass jedes Kalb im Durchschnitt 5 Liter Milch pro Tag aufgenommen hat; ferner haben wir angenommen, dass der Antitoxingehalt in der Milch des Muttertieres während der 7tägigen Versuchsperiode sich nicht verändert hat. Diese Annahme ist nun sicher unrichtig, da wir aus Erfahrung wissen, dass der Antitoxingehalt in der Milch vom Tage des Kalbens ab sich allmählich vermindert. Wir sind uns dieser Fehlerquelle also wohl bewusst. Das Ergebnis der nachfolgenden Untersuchungen wird aber dadurch noch eindeutiger. Die Berechnung der gesamten Antitoxinmenge im Blut der Kälber (Spalte 8) ist in allen Versuchen auf 2500 kcm Blutserum berechnet, was der Wahrheit wohl auch ziemlich nahe kommen dürfte, da alle Kälber im Gewicht nur um weniges (über oder unter 50 kg) differierten. Das quantitative Gesamtergebnis eines jeden Versuches (Spalte 9) macht also nicht den Anspruch auf absolute Exaktheit, während jede unserer einzelnen Antitoxinbestimmungen mit Recht dies wohl tun darf.

Tabelle 1.

A. Versuche am Kuheuter.

1 Rd. Nr.	2 Zahl der injicirten A. E.	3 Tag der letzten Serum-Injektion	4 Antitoxingehalt in 1 kcm Muttermilch	5 Dauer der Säugung	6 Gesamtmenge der verfütterten A. E.	7 Antitoxinmenge in 1 kcm Blutserum des Kalbes	8 Gesamter Antitoxingehalt im Blut des Kalbes	9 Resorbiert war von der gesamten verfütterten Antitoxinmenge ca.
72	400	6 Tage vor dem Kalben	1/500	7 Tage	70	1/850 A. E.	7 A. E.	1/10
75	800	5 Tage vor dem Kalben	1/100	7 „	350	1/200 A. E.	12,5 A. E.	1/30
70	1600	1 Tag vor dem Kalben	1/100	7 „	350	1/300 A. E.	8,5 A. E.	1/40
67	800	5 Tage nach dem Kalben	1/70	7 „	500	1/1000 A. E.	2,5 A. E.	1/200

Die vorstehende Tabelle zeigt also, dass unter im übrigen denselben Bedingungen in der Zeit vom 5.—12. Lebenstage der Magendarm des Kalbes etwa zehnmal weniger Antitoxin passieren lässt als in der Zeit vom 1.—7. Tage.

Die Tabelle 2 bezieht sich auf Kälber, die von einer nicht mit Tetanusantitoxin behandelten Mutter stammten; auch sie wurden mit Muttermilch ernährt. Dieselbe wurde ihnen aber in der Flasche gereicht und ausserdem wurden der Milch über die ganze Tagesportion verteilte kleine Mengen tetanusantitoxinhaltigen Pferdeserums zugesetzt (Spalte 3). Die Gesamtmenge verfütterten Antitoxins (Spalte 4) ist in diesem Fall natürlich genau bestimmt.

Tabelle 2.

B. Flaschenversuche (künstlicher Antitoxingehalt der Milch.)

1 Nr. des Kalbes	2 Zeitpunkt des Antitoxin-Zusatzes	3 Menge des verfütterten Antitoxins pro Tag	4 Insgesamt verfütterte Antitoxin-Menge	5 Dauer der Antitoxin-Fütterung	6 Antitoxinmenge in 1 kcm Blutserum des Kalbes	7 Gesamter Antitoxingehalt im Blut des Kalbes	8 Resorbiert war von der gesamten verfütterten Antitoxinmenge ca.
152	Sofort nach der Geburt	25	175	7 Tage	$^1/_{2500}$ A.E.	1 A. E.	$^1/_{175}$
151	Vom 5. Lebenstage an	30	210	7 „	$^1/_{25000}$ A.E.	$^1/_{10}$ A. E.	$^1/_{2100}$

Diese Versuche lehren zunächst, dass auch an Pferdeserumeiweiss — also an heterogenes Eiweiss — geknüpftes Antitoxin bei neugeborenen Kälbern ins Blut übergeht. Sodann stimmt ihr Ergebnis insofern mit den ersten Versuchen am Kuheuter überein, als auch hier in den ersten 7 Lebenstagen ca. 10 mal mehr Antitoxin ins Blut übergegangen ist, als in der Zeit vom 5.—12. Tag.

Vergleichen wir nun aber die Zahlen nach ihrer absoluten Grösse mit denen der Tabelle 1, so ergiebt sich, dass in jenen Versuchen am Kuheuter etwa 10 mal mehr Antitoxin über-

gegangen ist, als in den Flaschenversuchen. Beide Versuchsreihen sind unter durchaus vergleichbaren Bedingungen vorgenommen: In allen Fällen handelte es sich um normal geborene und normal sich entwickelnde Kälber, alle sind mit der Milch ihrer Mutter ernährt; die Antitoxinmengen entsprachen sich ebenfalls ungefähr, das Antitoxin entstammte demselben (carbolsäurefreien) Pferdeserum.

Eine Differenz liegt nun zunächst darin, dass es sich im ersten Fall um natürliche Ernährung, im zweiten Fall um Flaschenfütterung handelt. Es wäre in der Tat denkbar, dass dieser Umstand die Differenz in dem quantitativen Ergebnis der beiden Versuchsreihen erklärt. Es ist durchaus nicht ohne weiteres die Möglichkeit ausgeschlossen, dass das junge Kalb gegen diese Störung seiner natürlichen Ernährung so empfindlich ist, dass es Nahrungsstoffe schlechter resorbiert.

Es war leicht experimentell zu prüfen, ob dieses Moment eine Rolle spielt.

Die in Tabelle 3 aufgeführten beiden Versuche entsprechen in der Versuchsanordnung genau den in Tabelle 1 beschriebenen Experimenten, nur dass den beiden Kälbern der in Tabelle 3 zusammengestellten Versuche die Muttermilch in der Flasche gereicht wurde, dass sie also nicht direkt vom Euter wie die Tiere der Tabelle 1 die Milch nahmen.

Tabelle 3.

C. Flaschenversuche (natürlicher Antitoxingehalt der Milch).

1 Rd. Nr.	2 Zahl der injicirten A. E.	3 Tag der letzten Serum-Injektion	4 Antitoxingehalt in 1 kcm Muttermilch	5 Dauer der Säugung	6 Gesamtmenge der verfütterten A. E.	7 Antitoxinmenge in 1 kcm Blutserum des Kalbes	8 Gesamter Antitoxingehalt im Blut des Kalbes	9 Resorbiert war von der gesamten verfütterten Antitoxinmenge ca.
96	600	2 Tage vor dem Kalben	1/150	2 Tage	35	1/500 A. E.	5 A. E.	1/7
92	600	4 Tage vor dem Kalben	1/200	6 „	150	1/400 A. E.	6 A. E.	1/25

Der erste dieser Versuche ist nicht absolut vergleichbar mit denen der Tabelle 1, weil das junge Kalb nur 2 Tage lang die antitoxische Milch aufnahm. Immerhin zeigt er im Verein mit dem durchaus jenen ersten Versuchen entsprechend angestellten Versuch an Rd. 92 deutlich, dass die Flaschenernährung an sich wohl kaum die Differenzen zwischen den Versuchen der Tabelle 1 und Tabelle 2 erklärt.

Es bleibt somit nur die Annahme übrig, dass das Antitoxin bei seiner Passage durch den Rinderkörper und bei seinem Uebergang in die Milch eine Umwandlung erfährt, die es zur Resorption im Magen-Darmkanal des neugeborenen Kalbes geeigneter macht.

Worin ist diese Umwandlung zu suchen?

Es drängte sich uns zunächst die Frage auf, ob in der Milch ein solches „Passage-Antitoxin“ überhaupt noch an Pferdeserumeiweiss gebunden erscheint. Chemisch ist es, wie bekannt, bisher unmöglich, das Bluteiweiss verschiedener Tierarten voneinander zu differenzieren. Es gelingt aber auf biologischem Wege.

Spritzen wir einem Kaninchen wiederholt grössere Mengen des Serums einer bestimmten Tierart ein und versetzen das Serum dieses serumbehandelten Kaninchens nach gewisser Dauer der Behandlung mit dem Serum eines Tieres derjenigen Art, deren Serum zur Behandlung gedient hat, so tritt ein Niederschlag auf; derselbe bleibt aus, wenn das Serum irgend einer anderen Tierart oder das Serum eines nicht behandelten Kaninchens benutzt wird. Diese biologische Methode zum specifischen Nachweis von Eiweiss hat bekanntlich grosse Bedeutung in der forensischen Praxis für die Identificierung verdächtiger Blutflecken bekommen. Für den nachfolgenden Versuch verwandten wir ein zum biologischen Nachweis von Pferdeeiweiss geeignetes specifisch fällendes („präcipitierendes“) Kaninchenserum.

Einem Rinde (Nr. 81) injicierten wir 50 kcm Tetanusserum, nahmen ihm 24 Stunden später eine Milchprobe ab und stellten uns aus 15 kcm derselben durch Säurefällung des Caseins Molke her. In der gleichen Weise gewannen wir eine Molke

aus der Milch einer normalen d. h. noch nicht mit Tetanusserum behandelten Kuh und aus der Milch derselben Kuh, nachdem wir der Milch Tetanusserum (1/30 A. E. zu 15 kcm) zugesetzt hatten. Diese drei in gleicher Weise hergestellten Molken versetzten wir mit dem specifisch fällenden Kaninchenserum und dem Serum eines nicht behandelten Kaninchens.

Tabelle 4.

2 kcm Molke:	0,1 kcm Antiserum	0,1 kcm normales Kaninchenserum
Normalmolke Rind 93	0	0
1/5 Normalmolke Rind 93	0	0
1/10 Normatmolke Rind 93	0	0
Antitoxinmolke Rind 93	Niederschlag	0
1/5 Antitoxinmolke Rind 93	Trübung	0
1/10 Antitoxinmolke Rind 93	Opalescenz	0
Molke Rind 81	0	0
1/5 Molke Rind 81	0	0
1/10 Molke Rind 81	0	0

Es gab also die Molke von Rind 81 mit dem spezifischen Antiserum keine Spur einer Reaktion. Die Antitoxinmolke von Rind 93, die aus einer Milch gewonnen wurde, der künstlich d. h. ausserhalb des Tierkörpers Antitoxin zugesetzt war, gab noch in der fünf- und zehnfachen Verdünnung mit dem gleichen Antiserum die klassische Reaktion. Die Molke von Rind 81 verhielt sich gegenüber dem specifisch Pferdeeiweiss fällenden Serum genau wie eine Normalmolke.

Die Antitoxinprüfungen ergaben, dass die Normalmolke des Rd. 93 keine Spur Antitoxin enthielt, während die Antitoxinmolke Rd. 93 und die Molke Rd. 81 genau 1/1000 A. E. pro kcm — also beide gleiche Mengen Antitoxin pro kcm — enthielten.

Leider war es uns nicht möglich an weiteren Versuchen zu prüfen, ob das Ausbleiden der Präzipitin-Reaktion beim Zusammenbringen eines präzipitierenden Serums und einer Kuhmilchmolke, stammend von einer Kuh, der antitoxisches Pferde-

serum unter die Haut gespritzt war, in allen Fällen beobachtet wird, da wir nicht im Besitz weiterer hochwertiger präzipitierender Sera waren. Sollte aber in weiteren Versuchen die geschilderte Erscheinung als etwas Gesetzmässiges sich erweisen, so würden unsere Untersuchungen zunächst die Schlussfolgerung berechtigt erscheinen lassen, dass das Antitoxin in der Milch solcher mit Pferdeantitoxin behandelter Kühe nicht mehr in der Form vorhanden ist, wie wir es in einer Milch nachweisen können, der wir erst ausserhalb des Kuheuters das antitoxische Pferdeserum zusetzen. Es muss also bei der Passage des antitoxischen Pferdebluteiweisses durch den Rinderkörper das Substrat der antitoxischen Funktion eine Modifikation erfahren haben. Es liegt nahe, diese Umwandlung als den Grund für die Differenz in dem quantitativen Ergebnis jener eingangs geschilderten Brust- und Flaschenversuche anzusehen.

Für die Erklärung dieser eigenartigen Umwandlung des Antitoxins möchten wir folgenden Hypothesen Raum geben. Die eine geht dahin, dass eine Umwandlung des „Pferdeantitoxins" in „Rinderantitoxin" stattfindet, dass also ein Ueberspringen der antitoxischen Funktion vom Pferdeserumeiweiss auf das Kuhmilcheiweiss eintritt. Diese Hypothese würde, als richtig erwiesen, uns zeigen, dass homologes Antitoxin durch den Akt der Säugung wohl in beträchtlicheren Mengen übertragen wird, nicht aber heterologes Antitoxin.

Andererseits aber könnte man daran denken, dass das Substrat der antitoxischen Funktion in der Kuhmilch nach Injektion von antitoxischem Pferdeserum zwar Pferdeserum-Eiweiss bleibt, dass aber dasselbe seine Reaktionsfähigkeit gegenüber einem specifisch präzipitierenden Serum verliert. Endlich wäre es möglich, dass Antitoxin in der Milch von Kühen, denen subkutan antitoxisches Serum injiziert ist, sich überhaupt nicht mehr in der engen Verknüpfung mit dem genuinen Eiweiss findet wie sonst, dass also die Milchdrüse imstande wäre, die antitoxische Funktion von dem genuinen Eiweiss zu trennen. Indes ist diese Annahme so kühn und widerspricht so sehr allem, was wir bisher

über die Natur antitoxisch wirkender Stoffe wissen, dass wir noch einmal ausdrücklich den hypothetischen Charakter dieser letzten Annahme betonen möchten. Wir sind zur Zeit mit Untersuchungen beschäftigt, welche zeigen sollen, ob eine der geschilderten Hypothesen zntreffend ist.

Jedenfalls aber können wir soviel aus unseren Versuchen folgern, dass die Passage durch den Rinderkörper das antitoxische Pferdebluteiweiss derart verändert, dass es vom jungen Kalbe besser resorbirt wird.

Die in seiner klassischen Arbeit über „Immunität durch Vererbung und Säugung" ausgesprochene Vermutung Ehrlich's, dass die Milchdrüse so zweckmässig funktioniert, dass sie dem Säugling nur für ihn nützliche Stoffe zuführt, erhält somit durch unsere Untersuchungen eine neue Stütze. Für die Praxis ergibt sich aus der Beobachtung des geschilderten Phaenomens die Folgerung, immer der natürlichen Ernährung an der Mutterbrust — wenn auch nicht in jedem konkreten Fall, so doch im Prinzip — den Vorzug vor der künstlichen Ernährung zu geben.

Die Natur verfügt über — sit venia verbo — Kunstgriffe, deren Bedeutung wir gerade in der Milchfrage erst langsam anfangen zu würdigen.

In der anschliessenden Geschäfts-Sitzung wurden gewählt: zum Vorsitzenden:

Herr Geh.-Reg.-Rat Professor Max Bauer:

zu Mitgliedern des engeren Ausschusses:

Herr Prof. E. Korschelt, stellvertretender Vorsitzender
„ „ F. Schenk
„ „ F. Richarz.

In der Sitzung vom 14. II. wurde Herr Professor Thumb zum ausserordentlichen Mitgliede gewählt.

Aufgelegte Schriften:

Bayern. Ornitholog. Gesellsch. in Bayern. Verhandlungen 1904. Bd. V. München 1905.
Boston. The American Naturalist. 40. Bd. No. 470.
Brünn. Naturf. Verein. Verhandlungen 1904. 43. Bd 1905.
Brünn. Naturf. Verein. 23. Bericht der meteorol. Commission pro 1903. 1905.
Emden. Naturf. Gesellschaft. 89. Jahresber. 1903/4. 1905.
Halle a. S. Leopoldina. 42. Heft. No. 2.
Illinois. State laboratory Urbana. Bulletin VII. 5[6].
Luxemburg. Société des naturalistes (Fauna). Comptes-rendus. 15. Jahrg. 1905.
Mexico. Instituto geologico. Parergones I. Bd. No. 9. 1905.
Napoli. Academia delle scienze fisiche. Rendiconto III. Ser. XI. Bd. fasc. 8—11. (Aug. — Nov. u. 12. 1905). 1905.
New-York. Public library. Bulletin X. Bd. No. 1. 1906.
Roma. Accademia dei Lincei. Atti Ser. V. Bd. XV. fasc. 1/2. 1906.
Washington. Smithsonian Institution. Bulletin 28 of the Bureau of American Ethnology. geb.
Wien. Geolog Reichsanstalt. Verhandlungen 1905. No. 16/18. Titel. u. Umschlag. 1906. No. 1.
Feltgen, J., Vorstudien zu einer Pilzflora Luxemburgs. I. Th. Ascomycetes. Nachträge IV. Luxemburg 1905.
Orthographie zoolog.-anatomischer Fachausdrücke. Leipzig.
Results of the Swedisch zoological expedition to Egypt. 1901. II. Th. Upsala 1905.
Leopoldina. Heft XLII. No. 3. u. 4. Halle a. S. März / April 1906.
Verh. d. naturf. Ges. in Basel. Band XVIII. Heft 2. Basel 1906.
Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga. XLVIII. Riga 1905.
Tromsó Museums Aarshefter 21 u. 22. 1898—99. Tromsó 1904.
„ „ „ 26. 1903. „ 1904.
„ „ „ 27. 1904. Tromsó 1905 06.
„ „ Aarsberetning for 1901, 1902, 1903, 1904. Tromsó 1902, 1903, 1904, 1905.
Bergens Museums Aarsberetning for 1905. Bergen 1906.
„ „ Aarbog 1905. 3 die Hefte Bergen 1905.
Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi. Band 2 Häfte 2. Upsala-Stockholm 1906.
Arkiv för Zoologie. Band 3 Häfte 1. Upsala-Stockholm 1906.
„ „ Botanik. „ 5 „ 1—2. Upsala-Stockh. 1906.
An account of the Crustacea of Norway. Vol. V. Parts XI and XII. Bergen 1906.
Bulletin de la Société Géologique de Belgique. Tome XXXII. Liége 1906.

Atti della R. Accademia dei Lincei. Vol. XV. Fasc. 3, 4, 5, 6. Roma 1906.

Bulletin de l'Académie Imp. des Sciences de St. Pétersbourg. V. Sér. Tome XVII. No. 5. XVIII. 1903. XIX. 1903. XX. 1904. XXI. 1904. St. Pétersbourg 1902/1905.

U. St. Geological Survey Professional Paper No. 34, 36, 37, 38, 40, 41, 41, 42. Washington 1904/1905.

U. St. Geological Survey Monographs. Vol. XLVIII. Part. I/II.

U. St. Geological Survey Bulletin No 247, 251, 256, 263, 266, 267, 268, 270, 271, 276. Washington 1905.

U. St. Geological Survey Water-Supply Paper No. 123, 125, 127, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 149, 151, 152. Washington 1905.

Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. Vol. XLI. No. 17—19. 1905—1906.

Smithsonian Miscellaneous Collections Vol. XLVIII. Quarterly Issue Vol. III Part 2. Washington 1905.

Smithsonian Institution Bureau of American Ethnology Bulletin 29. Washington 1905.

Smithsonian Institution Bureau of American Ethnology 23 d Annual Report 1901—1902. Washington 1904.

Dep. of the Interior Ethnological Survey Publications. Vol. II. Parts II III. Vol. IV. Part I. Manila 1905.

Journal of the Elisha Mitchell Scientific. Soc. Vol. XII. No. 1. Chapel Hill. N. C. 1906.

University of Montana Bulletin No. 28. 29. Missoula.

" " " " No. 31. 1904—05. (2 Exempl.).

Tufts College Studies Vol. II No. 1. Tufts College Mars. Dec. 1905.

Mycological Notes by C. G. Lloyd No. 19, 20; Index Vol. I. 1898—1905. Cincinnati, Ohio.

U. S. Dep. of Agriculture No. 534. Monthly List of Publications.

Bulletin of the New-York Public Library Vol. X No. 2, 3, 4. New-York 1906.

The American Naturalist Vol. XL No. 471, 472. Boston 1906.

Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indie 1904, utg. d. L. K. Obs. Batavia 1905.

Boletín del Instituto Geológico de México No. 21. México 1905.

Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Cordoba. Tomo XVIII extrega 2a. Buenos-Aires 1905.

Anales del Museo Nacional de Buenos-Aires. Ser. III. Tomo V.

Mitteilungen aus der medicinischen Facultät der K. Japanischen Univ. zu Tokyo. Bd. VI. No. 4. Tokyo 1905.

XV. Congrès international de médicine. Bulletin officiel. No. 7 u. 8. Lisbonne 1906.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 6 Juni 1906

In der ordentlichen Sitzung vom 13. Juni sprach Herr L. Aschoff:

Ueber Untersuchungen des Herrn Dr. Bennecke, die Einwanderung von Russ in die Lungen betreffend.

M. H.! Es wird Ihnen bekannt sein, dass insbesondere durch die zahlreichen Arbeiten Herrn v. Behrings die Frage nach der Tuberkulose-Infektion des Menschen von allen Seiten mit erneutem Eifer in Angriff genommen worden ist. Es liegt mir fern, hier in eine Diskussion der Tuberkulosefrage einzutreten, da wir noch weit davon entfernt sind, ein nur einigermassen klares Bild über denjenigen Infektionsweg zu besitzen, auf welchem die Lungenschwindsucht am häufigsten zu Stande kommt. Nur einen Punkt möchte ich hervorheben. Dass sich der Erwachsene bezüglich der Lokalisation und Ausbreitung der Tuberkulose anders verhält wie das Kind, ist eine bekannte Tatsache. Beim Erwachsenen beherrscht die Lungenschwindsucht, die Darmschwindsucht, die Tuberkulose der harnleitenden Wege und des Geschlechtsapparates das Feld, beim Kinde die Lymphdrüsentuberkulose, die Knochentuberkulose, die Tuberkulose des Mittelohres, des Gehirns und seiner Häute. Die eine Periode geht allmälig in die andere über. Die eigentümliche

Tatsache, dass beim Kind der Tuberkelbacillus die Eintrittspforten, Darmschleimhaut, Bronchien, Lungen, Rachenschleimhaut leicht durchwandert, ohne an ihnen tuberkulöse Veränderungen zu erzeugen, und sich erst in den Lymphknoten festsetzt, haben pathologische Anatomen wie Weigert und Orth vor vielen Jahren eingehend gewürdigt und auch bereits nach Gründen dafür gesucht. Naturgemäss wird man zunächst nach histologischen Differenzen suchen, um diese glatte Resorbirbarkeit der Bazillen von den Schleimhäuten und dem Lungengewebe der Kinderaus, zu erklären. Herr v. Behring, welcher in der intestinalen Infektion (Mund, Rachen, Speiseröhre, Darmkanal) die Hauptquelle der menschlichen Tuberkulose sieht, hat grade dieser Frage sein besonderes Interesse zugewandt und mit Herrn Disse zusammen unter Anderm eine Erklärung darin gesucht, dass beim Neugeborenen die Epitheldecke defekt, besser gesagt die Schleimschicht nicht genügend entwickelt sei. Ich habe mich mit anderen Autoren, ich nenne nur Benda, gegen diese Hypothese ausgesprochen, da die Verhältnisse der Schleimbildung, die überdies für die Mundhöhle, einem grossen Teil der Rachenhöhle und die Speiseröhre überhaupt nicht in Frage kommen, am Magendarmkanal des Neugeborenen viel zu wechselnde sind und nach meinen Erfahrungen grade am Darm, der doch als grösste und wesentlichste Resorptionsfläche in Betracht kommt, die Schleimbildung beim Neugeborenen eine stärkere ist wie durchschnittlich beim Erwachsenen, wofür ich Ihnen überzeugende Praeparate in der Sitzung unserer Gesellschaft demonstriren durfte. Die von der pathologischen Anatomie aufgeworfene und von Herrn v. Behring mit Recht in den Vordergrund geschobene Frage, warum die Schleimhäute des Magen-Darmkanals beim menschlichen Neugeborenen so auffallend durchlässig für den Tuberkelbacillus sind, ist bis jetzt histologisch nicht gelöst, wenn auch Benda beachtenswerte Hinweise gegeben hat. Dass man überdies Verhältnisse beim Tier nicht ohne Weiteres auf den Menschen übertragen darf, habe ich grade in Rücksicht auf die im hiesigen Institut ausgeführten Untersuchungen Schmidts über die Bil-

dung der Mekoniumkörperchen beim Hunde auseinandergesetzt und Uffenheimers interessante Versuche bestätigen dies in biologischer Hinsicht. Trotzdem behält die Frage ihre grosse Bedeutung und die Arbeiten von Uffenheimer, Römer und andern weisen auf die Wege hin, auf denen die Frage ihrer Lösung näher kommen wird. Ich wende mich nun zu den Lungen.

Von vielen Seiten wird heute eine primäre Infektion des Lungengewebes durch die Tuberkelbazillen bestritten oder für sehr selten erklärt. Die mit der Athemluft aufgenommenen Tuberkelbazillen sollen schon viel früher abgefangen werden und gar nicht in die Lunge gelangen. Die eingeathmeten Bazillen können also wohl eine Infektion der Mund-, Nasen- und Rachenhöhle hervorrufen, aber keine Infektion des Lungengewebes. Überhaupt sollen die mit der Athemluft aufgenommenen Bazillen nur eine geringe Rolle spielen. Weit wichtiger sind die mit der Milch und anderen Nahrungsmitteln oder sonst wie in die Mundhöhle gebrachten und damit auch meist in den übrigen Darmkanal verschleppten Bazillen. Von dem Intestinum aus wird der Körper infizirt und die Lunge erkrankt auf dem Blut- oder Lymphwege. Das soll sowohl für Kinder, wie für Erwachsene gelten. So gewiss nun eine solche Infektion nicht auszuschliessen ist, ebensowenig kann umgekehrt der Beweis dagegen als erbracht gelten, dass das eigentliche Lungengewebe in vielen Fällen primär durch die Athemluft infizirt wird. Mag nun aber die Infektion der Lunge erfolgt sein, auf welchem Wege sie wolle, so bleibt doch der Unterschied in der tuberkulösen Erkrankung beim Kinde und Erwachsenen bestehen. Wenn beim Erwachsenen die Lunge selbst viel ausgiebiger und schwerer erkrankt und der Prozess relativ langsam verläuft, während beim Kinde das Lungengewebe selbst mehr oder weniger verschont bleibt und die bronchialen Lymphknoten ausgiebig verkäsen, so könnten auch hierfür histologische Veränderungen, welche die Lunge beim Erwachsenen erfahren hat, wenigstens als unterstützendes Moment zur Erklärung herangezogen werden. Ein jeder Mensch

athmet unter den heutigen zivilisirten Verhältnissen grosse Mengen Russ ein und dieser wird in den Lymphbahnen der Lunge abgelagert und so rein mechanisch der Weg für den Tuberkelbacillus zu den Lymphknoten verlegt. Wenn also beim Erwachsenen durch die Verbreiterung der Einströmungsbahn (Nase, Luftröhre, Bronchien) viel mehr bazillenhaltiges Material als beim Kind direkt in die Lungen transportirt werden kann, so wird der Bazillus um so leichter im Lungengewebe stecken bleiben und hier seine deletäre Wirkung ausüben, je mehr die Lymphbahnen der Lunge durch vorherige Russaufnahme verlegt sind, eine mehrfach verfochtene Hypothese, die zu dem Vorschlag führte, durch Einathmen von Kohlenstaub die Ausbreitung der Schwindsucht zu hemmen.

Diese Frage über den Einfluss der Russablagerung in den Lungen auf die Resorptionsfähigkeit nachträglich eingebrachter Tuberkelbazillen habe ich durch meinen Assistenten Herrn Dr. Bennecke experimentell in Angriff nehmen lassen. Leider bisher mit unzureichendem Erfolge, da es sehr schwer ist, in kurzer Zeit die Lungen der Hunde so mit Russ anzureichern, dass eine genügend beweisende Versuchsreihe gewonnen werden könnte. Trotzdem möchte ich über diese Inhalationsversuche, die Herr Dr. Bennecke vorläufig abbrechen musste, kurz berichten, insofern sie für die Frage, wie eigentlich der Russ in die Lungen gelangt, verwertbar sind. Die Gegner der primären Infektion des respiratorischen Lungengewebes mit Tuberkelbazillen durch die Athmungsluft leugnen auch, dass der Russ primär in das respiratorische Lungengewebe abgelagert wird, sondern glauben, dass er schon höher oben in der Mund-, Nasen und Rachenhöhle, oder doch wenigstens in den grossen Luftwegen abgefangen und von da aus durch die Lymphwege und Blutwege in das Lungengewebe gelangt. So hat sich schon Villaret 1863 dahin geäussert, dass der Russ vom Darm aus durch die Lymphbahnen in die Mesenterialdrüsen, das Pfortaderblut, Leber, Cava inferior in die Lungen gelange, ähnlich, wie es jetzt für den Tuberkelbacillus als häufigstes Vorkommnis hingestellt wird.

Ja man hat sogar die Staublunge als Beweis dagegen angeführt dass feine corpusculäre Elemente mit dem Luftstrom bis in das respiratorische Lungengewebe geführt werden. Herr Dr. Römer, welcher gleichfalls die primäre Infektion des Lungengewebes, bestreitet, ist der Meinung, „dass grade die Staublunge ein indirekter Beweis dafür ist, dass der Tuberkelbacillus nicht primär-alveolär angreift; denn den Lungenstaub finden wir in den allerverschiedensten Teilen des Respirationstraktus zerstreut und nicht an besonders bevorzugten Stellen abgelagert. Im übrigen muss auch erst noch bewiesen werden, dass der Staub sich primär in den Lungenalveolen ansiedelt.“ Ähnlich äussern sich v. Weismayr und andere Autoren. So hoch ich nun die moderne aetiologische Forschung schätze, so glaube ich doch darauf hinweisen zu dürfen, dass auch in dieser Frage die pathologische Anatomie, freilich schon vor längerer Zeit, einige bemerkenswerte Vorarbeiten geleistet hat, die gewiss die Berücksichtigung aller jener Tuberkuloseforscher verdienen, welche das Eindringen corpusculärer Elemente in das eigentliche Alveolengewebe mit dem Luftstrom leugnen. Der von jener Seite geforderte Beweis ist in einer ausgezeichneten Arbeit von Arnold im Jahre 1885 erbracht worden. Er liess Tiere Russ inhaliren und wies einwandsfrei nach, dass dieser Russ, wie vorher schon Knauf und Andere behauptet, durch Alveolarepithelien und Lymphocyten in den Alveolen aufgenommen und intracellulär oder frei von den Alveolen aus in die Lymphspalten des Alveolargerüstes und von dort aus in die Lymphknoten transportirt wird. Die beiden Einwände, die gemacht werden konnten, dass nämlich der Russ bereits in der Bronchialschleimhaut aufgenommen und direkt in die bronchialen Lymphknoten und von dort aus rückwärts in das Alveolargewebe transportirt werde oder dass er von dem Darm aus oder sonstwo resorbirt und auf dem Blutwege in die Lungen gebracht würde, konnte er bereits widerlegen. Eine irgendwie nennenswerte Resorption von Russ an der Bronchialschleimhaut liess sich nicht feststellen. Nur dort wo Lymphknötchen unter der Schleimhaut lagen, konnten gelegentlich

russbeladene Lymphocyten zwischen den Epithelzellen bemerkt werden, von denen aber Arnold es für wahrscheinlicher hält, dass sie auswandern, statt einwandern. Unter den Versuchen des Herrn Dr. Bennecke, die, wie die aufgestellten Praeparate zeigen, die starke alveoläre und interalveoläre Ablagerung des eingeathmeten Russes ganz im Sinne Arnolds beweisen, befand sich ein solcher, wo eine nachträgliche Injektion von Carmin durch Zufall nicht in das Lungengewebe, sondern in das peribronchiale Bindegewebe der Lunge erfolgt war. Auch hier kann man eine Unterstützung für die Arnold'sche Hypothese finden, insofern man hier und da mit Carmin beladene Wanderzellen sieht, welche sich stark der Schleimhautoberfläche genähert, ja zum Teil das Epithel zu durchsetzen im Begriff sind oder bereits frei in das Lumen des Bronchus gelangt sind Da auch Herr Dr. Bennecke so gut wie nie freie Russstäubchen zwischen den Bronchialepithelien fand und nur selten russbeladene Lymphocyten im Epithel gefunden wurden, und zwar nur bei andauernder aber nicht bei ganz frischer Inhalation, sondern hier der Russ vorzugsweise in den Epithelien der Bronchioli respiratorii, Alveolargängen und im Gerüstgewebe derselben frei und intracellular lag, so muss wohl die Annahme der bronchialen Resorption völlig oder so gut wie völlig zu Gunsten der alveolären ausscheiden. Hier möchte ich noch die Tatsache hervorheben, dass, wie die Praeparate zeigen, die Russablagerung in den Epithelien und in der Wand ganz scharf an der Stelle beginnt, wo die kleineren Bronchien in die Bronchioli respiratorii übergehen, also das respiratorische Epithel das Flimmerepithel allmälich zu ersetzen beginnt. Grade an dieser Stelle haften nun auch nach den Erfahrungen der pathologischen Anatomie beim Menschen die bakteriellen Keime, welche mit der Athmungsluft in die Bronchien gelangen, am leichtesten, wie es besonders die hier aufgestellten Praeparate von käsiger Bronchiolitis zeigen.

Aber die Möglichkeit bestand noch, dass das Pigment an an anderer Stelle, z. B. an den jetzt vielfach in den Vordergrund geschobenen Tonsillen aufgenommen und nun durch die Lymph-

bahn bis zu den bronchialen Lymphdrüsen und von dort aus in das alveoläre Lungengewebe transportirt worden wäre. Dagegen sprechen 3 Versuche des Herrn Dr. Bennecke, die so angestellt worden waren, dass durch eine Trachealfistel nach vollständiger Verheilung derselben durch einen eingeführten mit Trichter versehenen Schlauch die Russeinathmung einmal bis 196 mal je 10—20 Minuten lang erfolgte. Hier waren die Tonsillen umgangen. Freilich konnte nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass ein kleiner Teil des Russes ohne tracheale Athmung auf natürlichem Wege in die Lunge und zwar auf dem Lymphwege durch die Tonsillen gelangt war. Nun zeigten aber die starken Russablagerungen bei diesen tracheatomirten Hunden die gleiche Anordnung, wie die Russablagerungen bei solchen Tieren, welche künstlich oder unter natürlichen Bedingungen der Einathmung von Russ durch Nasen- und Rachenhöhle ausgesetzt gewesen waren. Das sprach dafür, dass in beiden Fällen sowohl bei den tracheotomirten wie nichttracheotomirten Tieren der gleiche Weg, d. h. der direkte in erster Linie gewählt wird. Der Russ konnte nun vielleicht nebenher noch den Weg über die Tonsille eingeschlagen haben. Herr Dr. Bennecke fand aber in keinem Falle eine Anthrakose der cervicalen Lymphknoten, sondern nur eine solche der bronchialen, trachealen und retrosternalen. In den Tonsillen liessen sich regelmässig, gelegentlich auch in den cervicalen Lymphknoten ausser dem fast stets vorhandenen gelblichen Blutpigment kristallinisch mineralische Massen und gröbere Kohlenpartikelchen, häufig von Riesenzellen umschlossen nachweisen, aber nie das zu dichten Häufchen geballte feine anthrakotische Pigment, wie es die Lungen und die ihr zugehörigen Lymphknoten aufweisen. Also war auch eine Einwanderung vom lymphatischen Rachenring durch die cervicalen Lymphknoten hindurch ausgeschlossen.

Endlich war noch die Frage zu erörtern, ob vielleicht auf dem Blutwege der irgendwo im Verlauf des tractus intestinalis aufgenommene Russ in die Lungen transportirt worden wäre. Nun ist es eine bekannte Tatsache, dass wenn beim Menschen

einmal ein Einbruch eines anthrakotischen Lymphknotens in die Blutbahn erfolgt, der Russ in dem Knochenmark, in der Leber, mit Vorliebe jedoch in der Milz an bestimmten Stellen abgelagert wird. Arnold berichtet schon, dass er trotz sehr sorgfältiger Kontrolle so gut wie niemals in der Milz, der Leber, dem Knochenmark Russpartikelchen bei den Versuchstieren gefunden habe. Das ganz vereinzelte Vorkommen einzelner schwarzer Körnchen ist nicht zu verwerten, da trotz aller Vorsichtsmassregeln einzelne Körnchen als Verunreinigung in das Präperat gelangen können. Das gleiche bestätigen die Bennecke'schen Beobachtungen. So kann diese zu ganz anderen Zwecken unternommene Versuchsreihe nur den Arnold'schen Satz bestätigen, dass der mit der Athmungsluft aufgenommene Russ primär in dem respiratorischen Lungengewebe abgelagert wird und nicht von der Tracheal-, Bronchial- oder Intestinalschleimhaut aus in das alveoläre Lungengewebe sekundär einwandert. Der von den Gegnern der primären Inhalations-Lungentuberkulose geforderte Beweis primärer Ansiedelung des Russes im respiratorischen Lungengewebe ist von Neuem erbracht. Sie werden jetzt den Beweis erbringen müssen, dass für den Tuberkelbazillus nicht die gleichen Bedingungen möglich sind, wie für den Russ.

Zu diesem Vortrag bemerkte Herr Dr. Römer: Herr Prof. Aschoff ging davon aus, dass bei Kindern sich vorwiegend Tuberkulose der Lymphdrüsen und der serösen Häute findet, während bei Erwachsenen die Lungentuberkulose mehr im Vordergrunde des pathologisch-anatomischen Bildes steht. Die Frage des differenten Verhaltens jugendlicher Individuen und Ausgewachsener gegenüber der tuberkulösen Infektion hat jüngst Calmette einer experimentellen Untersuchung unterzogen. Er verfütterte Tuberkelbazillen an neugeborene Individuen und fand dann regelmässig Tuberkulose der mesenterialen Drüsen und Lungentuberkulose; bei Erwachsenen dagegen fand er lediglich Tuberkulose der Lungen und keine Spuren der stattgehabten

Infektion in den mesenterialen Drüsen oder an der Darmwand. Calmette schliesst daraus, dass die Lungentuberkulose in der Hauptsache durch Bazillen veranlasst wird, die auf intestinalem Wege eindringen.

Da nun die Staublunge immer zum Beweis der Möglichkeit einer primär-alveolären tuberkulösen Lungen-Infektion herangezogen wird, hat Calmette durch zwei Schüler (Vansteenberghe und Grysez) auch die Entstehung der Staublunge experimentell untersucht. Führte er z. B. chinesische Tusche in den Magen ein, so entwickelte sich bei erwachsenen Individuen regelmässig eine Lungenanthrakose und zwar ohne jede Beteiligung der mesenterialen Drüsen, ein Ergebnis das also dem Versuch mit Tuberkelbazillen ziemlich entspricht. Liessen die genannten Untersucher Staub von ihren Versuchstieren einatmen, so entwickelte sich ebenfalls eine Staublunge; sie blieb aber aus trotz der Einatmung des Staubes, wenn vorher der Oesophagus unterbunden war, während bei den Kontrolltieren (d. h. bei Tieren mit nicht unterbundenem Oesophagus) sich die Staublunge in typischer Weise entwickelte.

Endlich führten die genannten Forscher noch folgendes Experiment aus: Sie verstopften, nachdem sie vorher eine tiefe Tracheotomie gemacht hatten, den einen Bronchialast und liessen dann die operierten Tiere Staub einatmen. Es fand sich dann nachher der Staub nicht nur in der Lunge, deren zuleitender Bronchus offen geblieben war, sondern auch in der Lunge mit obturiertem Bronchus.

Das zeigt denn doch deutlich, dass man nicht berechtigt ist bei Befund von Staub in den Lungen ohne weiteres eine direkt alveoläre Einwanderung des Staubes anzunehmen. Die Möglichkeit, dass unter besonderen Versuchsbedingungen Staub bis in die Alveolen gelangt und von hier aus auch aufgenommen wird, soll nicht bestritten werden. Man ist aber auf Grund experimenteller Feststellungen, wie der geschilderten, doch wohl kaum mehr berechtigt, ohne weiteres eine pulmonale (d. h. durch die Schleimhäute der Bronchien und der Bronchiolen

erfolgende) oder gar alveoläre Einwanderung von Staub anzunehmen, wenn man den Staub vorzugsweise in den Lungen findet. Besonders dürften diese Erwägungen für die natürlich entstandene Staublunge gelten, deren Entstehung mit der durch immer etwas gewaltsame Eingriffe erzeugten experimentellen Anthrakose nicht ohne weiteres in Parallele gesetzt werden darf.

Es liegt ja sehr nahe, wenn man die Lunge vorzugsweise infiziert sieht, wie in manchen Fällen menschlicher Tuberkulose, eine direkte pulmonale oder gar alveoläre Einwanderung des infizierenden Agens anzunehmen. Wie wenig berechtigt solche a priorische Vermutungen aber sind, mag Ihnen folgende experimentelle Tatsache sehr drastisch demonstrieren. Injiziert man Mäusen bestimmte Dosen stark virulenter Tuberkulosekulturen, so findet man, wenn mehrere Monate vergangen sind, weder an der Infektionsstelle noch in den benachbarten Drüsen erkennbare Veränderungen, auch die Bauchorgane sind frei von eigentlichen tuberkulösen Veränderungen (es besteht nur eine intensive Milzschwellung); dahingegen findet man eine enorm ausgedehnte Tuberkulose d. h. Knotenbildung in den Lungen. Würde man, ohne die Schicksale dieser Mäuse zu kennen, ihre Sektion vornehmen, so würde bei dem Befunde einer ausschliesslich die Lungen betreffenden Tuberkulose der Gedanke an eine direkte Einwanderung von den Luftwegen her ebenfalls recht nahe liegen, trotzdem aber falsch sein.

Um nochmals auf die Staublunge zurückzukommen, so soll die Möglichkeit nicht bestritten werden, dass eine pulmonale oder alveoläre Staub-Einwanderung stattfinden kann; ich kann aber in den von Professor Aschoff mitgeteilten Versuchen keinen zwingenden Beweis dafür erblicken, dass der Lungenstaub bei den betreffenden Versuchshunden lediglich oder auch nur in der Hauptsache primär-alveolär eingewandert ist. Meine Zweifel bezüglich einer primär-alveolären Einwanderung des Staubes bei der spontan entstandenen Lungenanthrakose muss ich daher um so mehr aufrecht erhalten.

Herr Aschoff erwidert:

Auf den in der Diskussion seitens des Herrn Dr. Römer gemachten Einwurf, dass unsere forzirten Experimente nicht auf die natürlichen Verhältnisse übertragbar seien und dass neuere im Dezemberheft der Annales de l'Institut Pasteur veröffentlichte Versuche von Vansteenberghe und Grysez die intestinale Quelle der Anthrakosis pulmonum wahrscheinlich machten und somit die Versuche des Herrn Dr. Bennecke nichts für die normale Ablagerung des Russes in das respiratorische Gewebe aus der Athemluft bewiesen, habe ich folgendes zu erwidern. Ein Teil unserer Experimente ist, wie ich bereits betonte, so angestellt, dass die Tiere einfach Luft, die stark mit Russ geschwängert war, einathmeten. Solche stark mit Russ geschwängerteLuft athmen auch sehr viele Menschen. Noch beweisender aber ist, dass unter unseren Präparaten auch solche eines Hundes sind, der unter ganz natürlichen Verhältnissen, nämlich als Wachhund auf einem Kohlenlager am Bahnhof, sich eine starke Anthrakose der Lungen, die freilich diejenige der älteren menschlichen Individuen noch lange nicht erreichte, zugezogen hatte. Auch hier fanden sich gleiche Verhältnisse wie bei den Versuchshunden. Endlich kann man bei jedem älteren Meerschweinchen die Ablagerung der Russpartikelchen in den Alveolarepithelien und das Fehlen in oder zwischen den Bronchialepithelien konstatiren. Wenn bei menschlichen Individuen, die sich in letzter Zeit nicht mehr so stark der Russinhalation ausgesetzt hatten, das peribronchiale lymphatische Gewebe reicher an Russ gefunden wird, als das alveoläre, so liegt das eben daran, dass der Russ allmählig aus den Alveolen in die bronchialen Lymphknoten einwandert, eine der Plathologie bekannte Tatsache. Die Lunge reinigt sich. Damit fallen auch die Einwände Aufrechts, dessen Ausführungen überdies einen Mangel an Kenntnis normaler Verhältnisse in der Schilderung der Beziehungen der Rundzellenanhäufungen (Lymphknötchen) zur Bronchialwand verraten. Was schliesslich die Versuche von Vansteenberghe und Grysez anbetrifft, so sind gegen dieselben so viel Einwände zu erheben,

dass ihre einzelne Widerlegung einen unverdient breiten Raum einnehmen würde. Dass Russ oder chinesischen Tusche, welche in das Peritoneum gespritzt wird, in den Lymphknötchen der Lunge und den Bindegewebszellen derselben abgelagert werden kann, ebenso wie in anderen lymphatischen Apparaten, erscheint selbstverständlich. Ob sie auch in den Alveolarepithelien vorkommen, wie stets bei der physiologischen Anthrakose der Lungen, sagen die Verfasser leider nicht. Dass bei Russverfütterung die mesenterialen Lymphknoten bei jugendlichen Tieren Russ aufnehmen, dagegen bei älteren Tieren nicht, ist nur eine Bestätigung für die bekannten Befunde mit dem Tuberkelbazillus. Dass aber die nach solchen Versuchen bei älteren Tieren in den bronchialen Lymphknoten gefundenen Russmengen auch auf dem Wege vom Darm dahin gelangt seien, dafür fehlt bei dem mangelnden Nachweis des Russes in den mesenterialen Lymphknoten dieser Tiere (die Leberbefunde werden nicht mitgeteilt) jeder Schatten des Beweises. Wieweit überhaupt bei älteren Tieren an sich schon Russ in den bronchialen Lymphknoten vorkommt, erörtern die Verfasser überhaupt nicht. Auch kann bei der relativen Grösse der Luftwege bei den älteren Tieren viel leichter Russ bei den Fütterungsversuchen aspirirt worden sein. Dass die Verfasser bei kurzdauernden Inhalations-Versuchen keinen Russ in der Trachea gefunden haben, will ich gerne glauben, dass sie aber keine Spur von Russ in dem Lungengewebe gefunden haben, ist schwer verständlich, da alle alten Tiere, Meerschweinchen und Kaninchen, feinste Russmassen überall im Lungengewebe erkennen lassen. Vielleicht haben die Verfasser nicht genügend mikroskopisch danach gesucht oder die Luft im Pasteurinstitut in Lille musss eine besonders russreine sein. Dass eine Unterbindung oder Durchschneidung des Ösophagus Schwellungen der oberen Luftwege und damit ein Hinderniss für Russeinathmung schafft, erscheint mir auch begreiflich.

Wenn endlich die Verfasser einen Hauptast des Bronchialbaumes verstopfen und dann das Tier einer langen Einathmung von Russ aussetzen und schliesslich die nicht verstopften und die

verstopften Lungenabschnitte gleichmässig anthrakotisch finden aber in dem verstopften Gebiet den Russ nur in dem interstitiellen Gewebe, in den offenen Lungenabschnitten auch in den Alveolen und Bronchiallumen feststellen können, so spricht das so schlagend dafür, dass der Russ in die offenen Lungenabschnitte durch den Athmungsstrom, in den verstopften aber nur durch Resorption durch die Lymphbahnen, wahrscheinlich von der Pleura aus hineingelangt ist, wenn nicht etwa der verstopfte schon vorher anthrakotisch gewesen war und Bronchien und Alveolen durch Transport in das interalveoläre Gewebe gereinigt waren, dass es gar keiner weiteren Beweise für die intraalveoläre Ablagerung des Russes mit der Athmungsluft bedarf. Denn das Bild anthrakotischer Lungen beim Menschen und Tier entspricht unter natürlichen Bedingungen stets den Verhältnissen, wie sie die Verfasser für die offenen Lungenabschnitte schildern, nicht aber denen in den verschlossenen Gebieten. Ich komme also zu dem Schluss, dass die von Herrn Römer angezogenen Versuche der französischen Autoren, die wahrlich eher forzirte und unnatürliche zu nennen sind als unsere, nicht nur nicht gegen, sondern, soweit sie überhaupt genügend histologisch gesichert sind, für die alte Arnold'sche Lehre sprechen.

Darauf machte Herr F. A. Schulze folgende Mitteilungen:

Über die Änderung der Dielektricitätskonstante durch mechanische Deformationen und Temperaturänderungen.

Die Änderungen, welche die Dielektricitätskonstante einer Substanz durch mechanische Deformationen, namentlich durch eine allseitig gleiche Compression, sowie ferner durch Änderungen der Temperatur erfährt, wurden bisher theoretisch wesentlich durch die Clausius-Mosottische Formel

$$\frac{D-1}{D+2} \cdot \frac{1}{d} = \text{const}$$

bestimmt. (D = Dielektricitätskonstante, d = Dichte).

Es ist bekannt, dass diese Formel die Temperaturabhängigkeit der Dielektricitätskonstante bei Flüssigkeiten oft befriedigend,

vielfach jedoch nur mangelhaft darstellt, bei festen Körpern sogar völlig versagt. Auch im Fall allseitig gleicher Compression ist die Clausius-Mosottische Formel nicht richtig. Röntgen[1]) konnte für Wasser bei einem allseitig gleichen Druck von 500 Atmosphären keine 1 % übersteigende Änderung der Dielektricitätskonstante konstatiren, während nach der Formel von Clausius-Mossotti bei diesem Druck die Dielektricitätskonstante von Wasser 225 sein müsste.

Bei festen Körpern ist die Änderung der Dielektricitätskonstante durch eine allseitig gleiche Compression bisher noch nicht bestimmt worden.

Eine bemerkenswerte Verallgemeinerung der Clausius-Mosottischen Formel auf den Fall anisotroper Dielektrika ist von Lampa[2]) gegeben worden. Lampa führt die Rechnung auf zwei verschiedene Arten durch. Einmal nimmt er an, dass die in das Dielektrikum eingelagerten leitenden Partikeln nicht Kugeln, sondern Ellipsoide sind, die das Dielektrikum in gleicher Dichte erfüllen und deren entsprechende Axen bei allen gleiche Richtung haben. Andererseits wird die Annahme zu Grunde gelegt, dass die eingelagerten Leiter wie nach Clausius-Mosotti Kugeln sind, die aber nicht nach allen Richtungen gleich dicht liegen, sondern in Richtung der drei Coordinatenaxen verschieden dicht gelagert sind. Beide Hypothesen führen zu denselben Endformeln. Durch Messungen der Dielektricitätskonstante von gezogenem Kautschuk senkrecht zur Richtung des Zuges hat Lampa eine Prüfung seiner Theorie vorgenommen und eine gute Bestätigung gefunden.[3])

---

1) W. C. Röntgen, Wied. Ann. **52.** 593. 1894.

2) A. Lampa, Wiener Sitz.-Ber. **104.** Abth. IIa. Juli u. Dec. 1895, p. 681. **111.** Abth. IIa Juli 1902, p. 982.

3) Durch einen kleinen Schreibfehler, auf den O. Wiener, Phys. Zeitschr. **5**, p. 332, 1904, aufmerksam gemacht hat, wird allerdings die Differenz zwischen Theorie und Beobachtung etwas grösser, immerhin bleibt die Grössenordnung der berechneten und beobachteten Änderung der Dielektricitätskonstante dieselbe. Siehe dort übrigens auch die von O. Wiener erhobenen prinzipiellen Bedenken gegen Lampas Rechenmethode.

Nachdem die moderne Elektronentheorie eine veränderte Auffassung von der Dielektricitätskonstante eines Körpers herbeigeführt hat, liegt es nahe zu untersuchen, ob sich aus ihr die Möglichkeit ergiebt, theoretisch die Änderungen, welche die Dielektricitätskonstante einer Substanz durch mechanische Deformationen und Temperaturänderungen erfährt, zu begreifen, und mit anderen Erscheinungen in Beziehung zu setzen, und quantitativ oder wenigstens qualitativ vorherzusagen.

I. Änderungen der Dielektricitätskonstante durch allseitig gleiche Compression und Temperaturänderungen.

Wir wenden uns zunächst zu den Änderungen der Dielektricitätskonstante, die durch Eingriffe entstehen, bei denen die Substanz isotrop bleibt, also die durch eine allseitige gleiche Compression oder durch Temperaturänderungen eintreten.

Für isotrope Medien führt nun die Elektronentheorie nach P. Drude[1]) für die Dielektricitätskonstante bei unendlich langsamen elektrischen Wellen ε_∞ zu dem Ausdruck:

1) $$\varepsilon_\infty = 1 + 4\pi \sum_s \frac{N_s e_s^2}{k_s}.$$

Es ist dabei N_s die Anzahl der Elektronen der Gattung s in der Volumeinheit, e_s die elektrische Ladung dieser Elektronen, k_s die quasielastische Kraft, durch die sie an ihre Ruhelage gebunden sind.

Wäre also für jede Elektronengattung bekannt, wie sich durch eine Compression oder Temperaturänderung diese drei Grössen N_s, e_s und k_s ändern, so könnte man die entsprechenden Änderungen von ε_∞ berechnen.

Von vornherein wird man unbedingt annehmen können, dass die Grössen e_s konstant bleiben müssen. Betreffs der Änderung von N_s sei die *Voraussetzung* gemacht, dass sich N_s *nur* nach Massgabe der jeweiligen Änderung der Dichte ändere,

1) P. Drude, Lehrbuch der Optik, Leipzig 1900, p. 356.

d. h. also, es wird vorausgesetzt, dass bei den mechanischen oder thermischen Einwirkungen keine Elektronen verschwinden oder neu erzeugt werden.

Was nun drittens die Änderung der quasielastischen Kraft k_s betrifft, so lässt sich hierüber im einzelnen quantitativ nichts bestimmtes angeben; es ist jedoch W. Voigt [1]) gelungen, durch Anwendung der Elektronentheorie des Lichts auf die Änderungen, die bei mechanischen oder thermischen Einwirkungen die optischen Eigenschaften, namentlich der Brechungsexponent, erleiden, in Verbindung mit den experimentellen Bestimmungen, über die Änderungen der quasielastischen Kraft k_s durch Compression oder Temperaturänderungen folgende interessanten einen charakteristischen Gegensatz zwischen festen und flüssigen Körpern bildenden allgemeinen Sätze aufzustellen, die möglichst wörtlich zu citieren hier gestattet sei:

1) . . . Es ergiebt sich, dass bei den untersuchten (11) Flüssigkeiten, aber wahrscheinlich allgemeiner, die quasielastischen Kräfte, welche die Elektronen erfahren, durch eine Compression im Mittel a b n e h m e n, die Stabilität der Elektronenbewegung um die Ruhelage also g e r i n g e r wird.

2) . . . Hieraus folgt, dass die quasielastischen Kräfte, welche die Elektronen einer Flüssigkeit erfahren, bei einer Erwärmung unter konstantem Druck im Mittel z u n e h m e n, die Stabilität der Elektronenbewegung also g r ö s s e r wird.

3) Für diejenigen festen und optisch isotropen Körper, für die bis jetzt vollständige Beobachtungsreihen vorliegen, . . . ergiebt sich für die quasielastische Kraft das umgekehrte Verhalten wie bei Flüssigkeiten, nämlich bei ausgeübter allseitiger Compression eine Intensitäts z u n a h m e der Kraft und somit eine Vergrösserung der Stabilität der Elektronenbewegung.

4) Die von Herrn Pulfrich beobachteten Glassorten und regulären Krystalle, ergeben bei Temperaturerhöhungen unter konstantem Druck im Mittel eine A b n a h m e der quasielastischen

1) W. Voigt, Ann. d. Phys. 6, p. 459, 1901.

Kräfte, welche die Elektronen dieser Körper erfahren im Gegensatz zu dem bei Flüssigkeiten Nachgewiesenen.

Durch diese 4 Sätze ist es nun ermöglicht, qualitativ die Änderung der Dielektricitätskonstante durch Druck und Temperatur vorherzusagen.

a) Flüssigkeiten.

Nach dem ersten Satz von Voigt wird bei Flüssigkeiten bei Compression k im Mittel kleiner. N_s wird infolge einer Compression grösser, also wird durch allseitige Compression ε_∞ grösser: *Die Dielektricitätskonstante einer Flüssigkeit nimmt bei allseitiger Compression zu.*

In der That hat F. Ratz [1]) bei einer Reihe von Flüssigkeiten Zunahme der Dielektricitätskonstante bei allseitiger Compression gefunden.

Nach dem zweiten Satz von Voigt nimmt bei Flüssigkeiten bei Temperaturerhöhung k im Mittel zu. Da die Dichte dabei abnimmt, so nimmt auch N_s ab, und es folgt: *die Dielektricitätskonstante einer Flüssigkeit nimmt mit der Temperatur ab.*

In der That ist dies das Verhalten aller beobachteten Flüssigkeiten.

Bei Wasser findet zwischen 0° und 4° eine Dichtigkeitszunahme statt. Die Versuche [2]) haben auch in diesem Intervall eine Abnahme der Dielektricitätskonstante mit steigender Temperatur ergeben. Während dies mit der Formel von Clausius-Mossotti nicht verträglich ist, ist dieses Verhalten nach Formel 2) durchaus möglich. Dass die Dielektricitätskonstante in diesem Intervall abnimmt, ist dann darauf zurückzuführen, dass die relative Zunahme der quasielastischen Kräfte überwiegt über die relative Zunahme der Dichte.

b) Feste Körper.

Bei festen Körpern ergiebt die analoge Anwendung der beiden von Herrn W. Voigt gefundenen Sätze 3) und 4) keine bestimmte eindeutige Regel über die Änderung der Dielektri-

1) F. Ratz, Ztschr. f. phys. Chem. **19.** 86. 1896.
2) A. Franke, Wied. Ann. **50.** 163. 1893.

citätskonstante durch allseitige Compression und Temperaturänderungen.

Bei Temperaturabnahme nimmt nach Satz 4) k_s im Mittel ab, ebenso nimmt N_s ab, sodass es unbestimmt bleibt, ob ε_∞ zu- oder abnimmt.

Bei Temperaturerhöhung kann bei festen Körpern die Dielektricitätskonstante sowohl zu- als auch abnehmen.

In der That haben bei festen Körpern die experimentellen Bestimmungen sowohl Zunahme als auch Abnahme der Dielektricitätskonstante mit der Temperatur ergeben. Die Regel scheint allerdings eine Zunahme der Dielektricitätskonstante mit der Temperatur zu sein.

Bei allseitiger Compression nehmen bei festen Körpern nach Satz 3) die Kräfte k_s zu. Da auch N_s zunimmt, so bleibt die Änderung von ε_∞ bei allseitiger Compression wieder unbestimmt.

Bei allseitiger Compression kann bei festen Körpern sowohl Zunahme als Abnahme der Dielektricitätskonstante eintreten.

Versuche hierüber liegen nicht vor.

Die Voraussetzung, dass weder bei Druck noch bei Temperaturänderung Elektronen verschwinden oder neu entstehen, ist natürlich bei allen diesen Sätzen notwendig. Namentlich bei Temperaturänderungen könnte diese Voraussetzung nicht unbedenklich erscheinen. Zur Rechtfertigung könnte vielleicht dienen, dass in Metallen, die dem Gesetz von Wiedemann und Franz folgen, nach der von P. Drude [1]) gegebenen Theorie dieses Gesetzes aus der Elektronentheorie, diese Annahme erfüllt ist. Übrigens wird diese Annahme auch von W. Voigt in der citirten Arbeit gemacht.

II. Änderung der Dielektricitätskonstante durch einseitigen Zug oder Druck.

Es werde jetzt zu dem Fall einseitigen Zugs oder Druckes übergegangen, der die vorher isotropen Körper anisotrop macht.

1) P. Drude, Ann. d. Phys. 1. 566. 1900.

Für eine solche anisotrope Substanz sind die drei Hauptdielektricitätskonstanten ε_1, ε_2, ε_3 in Richtung der drei Hauptdilatationen δ_1, δ_2, δ_3, sowie nun auch die drei hauptquasielastischen Kräfte k_1, k_2, k_3 zu unterscheiden.

Nach Drude[1]) ist

$$\varepsilon_r = 1 + 4\pi \sum_s \frac{N_s e_s^2}{k_s}; \; r = 1, 2, 3.$$

Wir benutzen die von Herrn W. Voigt (l. c. 321) für den Fall einer beliebigen Deformation aufgestellten Ausdrücke

4) $$4\pi \vartheta^4 \sum_s \frac{N_s k_s e_s^2 p_s}{(k_s \vartheta^2 - m_s)^2} = P$$

5) $$4\pi \vartheta^4 \sum_s \frac{N_s k_s e_s^2 p_s'}{(k_s \vartheta^2 - m_s)^2} = P'.$$

Hierin ist ϑ die Periode des einfallenden Lichtes, m_s die Masse des Elektrons; p_s und p_s' sind folgendermassen definirt: Aus k_s wird bei der Deformation: $k_s(1 + \beta_{sr})$, wobei $\beta_{sr} = (p_s - p_s')\delta_r + p_s' \Delta$, $\Delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$. p_s und p_s' sind der Elektronengattung eigentümliche Konstanten.

Über die Änderung von N_s machen wir wieder dieselbe Voraussetzung wie im vorigen Abschnitt.

Für die weitere Rechnung nehmen wir zunächst an, es sei nur eine einzige Elektronengattung vorhanden, bestimmen danach die p und p' nach Vorzeichen und dem Grössenverhältnis, und ziehen daraus die Folgerungen über die Änderung von k_s.

Im Mittel nehmen wir die so gefundene Änderung von k auch als beim Vorhandensein mehrerer Elektronengattungen gültig an. Hierin liegt natürlich eine gewisse Unsicherheit.

Es wird $P = 4\pi \vartheta^4 \dfrac{N k e^2}{(k\vartheta^2 - m)^2} \cdot p = A \cdot p$

1) P. Drude, Lehrbuch der Optik, Leipzig 1900, p. 376.

$$P' = 4\pi\vartheta^4 \frac{N k e^2}{(k\vartheta^2 - m^2)} \cdot p' = A \cdot p',$$

wobei $A = \frac{4\pi\vartheta^4 N k}{(k\vartheta^2 - m)^2}$ stets positiv.

Es wird dann $\beta_r = \frac{1}{A}\left\{(P - P')\delta_r + P'\varDelta\right\}$.

Das Vorzeichen von β_r ist durch dasjenige der Klammer $\{\ \}$ bestimmt, und durch dieses ist dann auch der Sinn der Änderung von k_r gegeben, nach der Beziehung $k_{sr} = k_s (1 + \beta_{sr})$.

A. Änderung der Dielektricitätskonstante in Richtung des Zuges.

1 sei die Richtung des Zuges; $\delta_1 = \delta$ also positiv; $\delta_2 = \delta_3 = -\mu\delta$, wo μ die Elasticitätszahl. $\varDelta = \delta(1 - 2\mu)$.
Es wird

$$\beta_{sr} = \frac{1}{A}\left\{(P - P')\delta + P'(1 - 2\mu)\right\} = \frac{\delta}{A}(P - 2\mu P').$$

Das Vorzeichen von β_{sr} bestimmt sich mithin durch dasjenige von $P - 2\mu P'$. Nun ist P und P' von F. Pockels[1]) für eine Anzahl Gläser und regulärer Krystalle bestimmt, bez. von W. Voigt aus den Messungen von F. Pockels berechnet worden. Die Werte sind in der folgenden Tabelle, die auch noch die Werte von μ enthält, zusammengestellt:

Subst.	O_{428}	S_{205}	O_{658}	2155	1571	500	S_{57}	Flussspat	Steinsalz-	Syloin
P	—0,62	—0,519	—0,539	—0,416	—0,276	—0,115	+ 0,74	—0,811	—0,605	—0,093
P'	—0,06	—0,027	—0,026	+0,056	+0,109	+0,105	+ 0,44	—0,091	—0,373	—0,381
μ	0,187	0,274	0,250	0,222	0,224	0,239	0,26	—	—	—

1) F. Pockels, Wied. Ann. **39**. p. 440. 1890; Ann. d. Phys. **7**. p. 745. 1902; Ann. d. Phys. **9**. p. 220. 1902.

Für die drei letzten Körper ist kein eindeutiger Wert von μ angebbar; er hängt von der Zugrichtung ab. Da durch die Messungen von W. Voigt die drei Elasticitätskonstanten der drei Krystalle bekannt sind, liesse sich die Rechnung für gewisse Fälle leicht durchführen, doch sei darauf verzichtet. Es seien im folgenden nur die isotropen Gläser berücksichtigt. Es ergiebt sich:

Substanz:	O_{498}	S_{205}	O_{658}	2154	1571	500	S_{57}
$P - 2\mu P'$	—0,598	—0,504	—0,526	—0,444	—0,324	—0,105	+0,51

Bis auf S_{57} ist also die massgebende Grösse $P - 2\mu P'$ stets negativ. Im allgemeinen wird also in der Zugrichtung k kleiner. Da N ebenfalls kleiner wird, so wird die Änderung der Dielektricitätskonstante unbestimmt, d. h.

In Richtung des Zuges kann die Dielektricitätskonstante sowohl zu- als auch abnehmen.

Eine Ausnahme bildet das Glas S_{57}. Dieses hat die Zusammensetzung 82% PbO, 18% SiO_2, bezeichnet als „schwerstes Silikatflint“ (Dichte 6,335, Brechungsexponent 1,9625). Es hat nach den Versuchen von Herrn Pockels ein total abnormes Verhalten, insofern es die einzige homogene isotrope Substanz ist, die bei Zug negativ einaxig[1]) wird. Da für dieses Glas S_{57} die Grösse $P - 2\mu P'$ positiv ist, so wird in der Zugrichtung k grösser. Man darf also für die Dielektricitätskonstante vermuten: *Bei Glas S_{57} wird die Dielektricitätskonstante in Richtung des Zuges kleiner.* Versuche hierüber liegen nicht vor.

1) F. Pockels, Phys. Zeitschrift 2. p. 693. 1901.

B. Änderung der Dielektricitätskonstante in der Richtung senkrecht zum Zug.

Es sei jetzt r die Richtung senkrecht zum Zug;

$$\delta_r = -\mu\delta. \quad \beta_{sr} = \frac{1}{A}\left\{(P - P')(-\mu\delta) + P'\delta\,(1 - 2\mu)\right\} =$$

$$\frac{\delta}{A}[P'\,(1 - \mu) - P\mu].$$

Das Vorzeichen von β_{sr} ist bestimmt durch dasjenige von $P'(1 - \mu) - P\mu$. Aus den Zahlen der obigen Tabelle berechnet sich:

Substanz:	O_{428}	S_{205}	O_{658}	2154	1571	500	S_{57}
$P'(1 - \mu) - P\mu$	+0,067	+0,123	+0,116	+0,136	+0,146	+0,147	+0,133

Bei allen untersuchten Glassorten wird also k senkrecht zur Zugrichtung grösser; es gilt mithin:

Die Dielektricitätskonstante wird senkrecht zur Zugrichtung kleiner.

In der That haben Wüllner und M. Wien bei ihren sehr sorgfältigen Versuchen an gezogenen Glasröhren eine kleine Verringerung der Dielektricitätskonstante in der Richtung senkrecht zum Zug gefunden.[1]) Nur bei einem von 7 Gläsern fanden sie eine Zunahme, die jedoch fast innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler liegt.

Berechnung für den Fall $\mu = \frac{1}{2}$, $\Delta = 0$.

Ist $\mu = \frac{1}{2}$, wie bei Kautschuk, Ebonit etc., so wird in Richtung des Zuges: $\beta_{sr} = \frac{\delta}{A}(P - P')$, in der Richtung senkrecht zum Zug: $\beta_{sr'} = \frac{\delta}{2A}(P' - P)$.

1) A. Wüllner und M. Wien, Ann. d. Phys. **11**. p. 619. 1903.

Nun sind die Grössen P und P' für solche Substanzen wie Kautschuk etc. noch nicht bekannt. Zur Kenntniss des Vorzeichens von $P - P'$ kann man jedoch folgendermassen gelangen:

Aus der Gleichung 31) der citirten Abhandlung von Herrn W. Voigt erhält man für den Fall $\Delta = 0$:

$$n_1^2 - n^2 = -(P - P')\delta_1$$
$$n_2^2 - n^2 = -(P - P')\delta_2.$$

1 sei die Zugrichtung, 2 eine dazu senkrechte Richtung. Dann ist $\delta_2 = -\frac{\delta_1}{2} = -\frac{\delta}{2}$.

Es wird also $n_1^2 - n_2^2 = -\frac{1}{2}(P - P')\delta$.

Da nun eine Substanz durch Zug optisch positiv einaxig wird, ist $n_1^2 < n_2^2$, mithin muss $P - P'$ negativ sein. Hieraus ergiebt sich, dass die quasielastische Kraft in Richtung des Zuges kleiner, senkrecht dazu grösser wird.

Mithin folgt, da bei $\mu = \frac{1}{2}$ N konstant bleibt:

Bei Substanzen, für die $\mu = \frac{1}{2}$ ist, wird die Dielektricitätskonstante in der Zugrichtung grösser, in der Richtung senkrecht zum Zug kleiner.

Die Änderungen sind proportional der Dehnung und für die Zugrichtung doppelt so gross als in der dazu senkrechten Richtung. Die bisherigen Versuche an Kautschuk haben einander widersprechende Resultate ergeben.

O. Corbino und P. Canizzo,[1]) sowie Panichi[2]) finden eine Verminderung, Lampa[3]) eine Zunahme der Dielektricitätskonstante senkrecht zum Zug. Versuche, die Herr A. Eymer im hiesigen Institut angestellt und in seiner demnächst erscheinenden Dissertation beschrieben hat, haben selbst bei sehr

1) O. M. Corbino u. Canizzo. Acc. dei Lincei (5) 7. II. 286. 1898; Nuov. Cim. (4) 8. 311. 1898.

2) L. Panichi. Norov. Cim. (8) 8. 89. 1898.

3) A. Lampa, l. c.

starkem Zug keine merkliche (1,5 % überschreitende) Änderung der Dielektricitätskonstante ergeben. Es fanden sich nur Andeutungen dafür, dass die Dielektricitätskonstante senkrecht zur Zugrichtung kleiner, senkrecht zur Pressrichtung grösser wird, wie es die vorliegende Theorie verlangt.

Des weiteren sprach Herr F. A. Schulze:

Über einen Rechenschieber und eine Rechentafel zur Berechnung von Potenzen mit beliebigen Exponenten.

Rechnungen, in welchen Potenzen mit beliebigen, auch nicht ganzzahligen Exponenten auftreten, kommen so häufig vor, dass eine mechanische Vorrichtung zu ihrer Ausführung — in ähnlicher Weise, wie sie zur Berechnung von Produkten und Quotienten in dem bekannten Rechenschieber vorliegt, — nicht überflüssig sein dürfte (Beispielsweise sei hingewiesen auf die Gleichung der Polytrope $pv^n = \text{const}$, auf die Magnetisirungsformel für die Magnetisirung M eines Stahlstabes vom Durchmesser d durch einen Strom von der Stärke J, $M = C \cdot J^{4/8} d^{3/2}$, auf die Formel für die Hysteresisarbeit $A = \eta \cdot \mathfrak{B}^{1,6} \cdot 10^{-7}$ Erg, die Häckersche Tragformel für Magnete $T = 10,33\, P^{2/3}$, das Strahlungsgesetz $E = \frac{C}{\lambda^5\left(e^{\frac{c}{\lambda\vartheta}} - 1\right)}$, wie überhaupt alle Ausdrücke der Form e^x, Zinseszins- und Rentenrechnung, etc.)

Eine solche Vorrichtung, die in der Handhabung dem gewöhnlichen Rechenschieber ganz analog ist, ist kürzlich[1]) von der Firma John Davis and Son (Derby) nach einer bereits früher von mehreren Seiten angegebenen Idee ausgeführt worden. Wie bei dem für Produkte und Quotienten bestimmten Rechenschieber wird auch bei diesem die Rechenoperation zurückgeführt auf eine Addition. Es dient dazu die Formel:

1) $$\log [\log (a^b)] = \log b + \log [\log a].$$

1) Nature, 72. p. 45. 1905.

Demgemäss besteht dieser Rechenschieber aus zwei an einander verschiebbaren Skalen; die eine ist wie bei dem gewöhnlichen Rechenschieber, eine sog. logarithmische Skala, bei der der Abstand eines Punktes vom Nullpunkt gleich dem Logarithmus der am Endpunkt der Strecke angeschriebenen Zahl ist; die zweite Skala ist so beschaffen, dass der Abstand eines Punktes vom Nullpunkt gleich dem Logarithmus des Logarithmus der angeschriebenen Zahl ist. Man sieht leicht, wie man, ganz wie beim gewöhnlichen Rechenschieber für Produkte und Quotienten, hier durch Verschieben der beiden Skalen an einander nach Formel 1) Potenzen mit beliebigem Exponenten mechanisch berechnen kann. Die Handhabung dieses Rechenschiebers lässt an Einfachheit und Bequemlichkeit nichts zu wünschen übrig.

Ein Nachteil dieses Rechenschiebers dürfte jedoch vor allem darin liegen, dass auf der zweiten Skala Zahlen, die nahe an 1 liegen, nicht vorkommen, und auch nicht vorkommen können, da $\log [\log 1] = -\infty$ ist. Man ist also praktisch an eine gewisse Grenze gebunden, der Rechenschieber kann nicht bei 1, sondern erst bei einer Zahl in der Nähe von 1 anfangen. Ein fernerer, wenn auch nicht so bedeutender Nachteil liegt darin, dass die grossen Zahlen auf der zweiten Skala ganz ausserordentlich nahe zusammenrücken.

Es sei im folgenden ein Rechenschieber zur Berechnung von Potenzen mit beliebigem Exponenten beschrieben, der von dem ersten Nachteil im Princip frei ist, und den zweiten wenigstens nicht in dem Maasse besitzt wie die oben angegebene Form.

Im Prinzip schliesst er sich an an die Formel

2) $$\log (a^b) = b \log a.$$

Ist eine einfache logarithmische Skala, wie diejenige des gewöhnlichen Rechenschiebers gegeben, so erhält man die Zahl a^b, indem man vom Nullpunkt der Skala aus das b-fache derjenigen Strecke abmisst, die gleich $\log a$ ist. Diejenige Zahl der logarithmischen Skala, die am Endpunkt dieser neuen b mal längeren Strecke angeschrieben steht, ist dann die gesuchte Potenz a^b.

Um diese Vervielfachung in mechanischer Weise zu erreichen, kann man auf mehrfache Weise vorgehen. Man könnte die ver-

schiebbare logarithmische Skala eines gewöhnlichen Rechenschiebers dehnbar machen, also sie etwa auf ein Kautschukband auftragen. Der Anfangspunkt beider Skalen müsste stets zusammenfallen. Um a^b zu berechnen, hätte man diese dehnbare Skala auf die b-fache Länge zu dehnen, und abzulesen, welche Zahl auf der festen Skala an derjenigen Stelle steht, an der sich auf der dehnbaren Skala die Zahl a befindet. Oder man könnte eine der beiden logarithmischen Skalen eines gewöhnlichen Rechenschiebers, die beide denselben Anfangspunkt haben sollen, um diesen drehbar machen. Je nach dem Winkel, den die beiden Skalen mit einander bilden, trifft die in einem Punkt der festen Skala errichtete Senkrechte die andere drehbare Skala in einem Punkt, der von dem Anfangspunkt ein gewisses Vielfaches weiter entfernt ist, als der Punkt der festen Skala.

Zur praktischen Ausführung eignet sich wohl am besten folgendes Verfahren: (siehe die schematische Fig. 1) Man denke sich den „Schieber“ des gewöhnlichen Rechenschiebers, der die verschiebbare logarithmische Skala trägt, breiter gebaut wie gewöhnlich. Auf dem die feste logarithmische Skala AB tragenden Grundbrett sei senkrecht unter A im Punkte D der Drehpunkt eines „Zeigers“ Z. Auf dem linken Rand des Schiebers S sei nun eine Skala t_1 angebracht. Die an dieser Skala t_1 stehenden Zahlen geben an, wie viel mal grösser die Strecke AD ist, als der senkrechte Abstand des betreffenden Skalenpunktes von der durch den Drehpunkt D zu AB Parallelen. Man kann dann mechanisch eine Strecke AG der festen logarithmischen Skala auf das b-fache verlängern, indem man den Schieber S so verschiebt, dass der Anfangspunkt der Skala t_1 direkt unter G steht, und dann den Zeiger Z so dreht, dass er auf der Skala t_1 die Zahl b trifft. Der Zeiger Z trifft dann die feste logarithmische Skala in einem Punkte E, der vom Anfangspunkte A b mal weiter entfernt ist als der Punkt G. Diejenige Zahl der festen logarithmischen Skala, die an dem Punkt E steht, ist also die gesuchte Zahl a^b. Die Richtigkeit erhellt aus der Proportion:

$$\frac{AE}{AG} = \frac{DF}{DC} = \frac{EF}{JC} = \frac{GC}{CJ} = b.$$

Die Skala t_1 erhält nur Zahlen über 1. Für den Fall $b < 1$ ist auf der rechten Kante des Schiebers eine zweite Skala t_2 angebracht. Die an dieser Skala stehenden Zahlen geben an, welcher Bruchteil der ganzen Strecke DA diejenige Strecke ist, die zwischen dem unteren zu AB parallelen Rand des Schiebers und dem betreffenden Skalenpunkt liegt. t_2 enthält also die Zahlen zwischen 0 und 1. Es ist leicht zu sehen, wie in diesem Fall die Berechnung von a^b zu geschehen hat.

In der bisher geschilderten Form, in der die Ziffer 1 im Punkte A direkt 1, die nach rechts folgenden Ziffern 1 der logarithmischen Skala der Reihe nach 10, 100, 1000 etc. bedeuten, muss $a > 1$ sein. Um den Rechenschieber auch für die Fälle gebrauchen zu können, in denen $a < 1$ ist, ist für den Zeiger Z noch ein zweiter Drehpunkt senkrecht unter der am weitesten rechts stehenden Ziffer 1 der festen logarithmischen Skala vorgesehen, im Punkte K; dabei ist $BK = AD$. Es bedeutet dann die senkrecht über K liegende Ziffer 1 der festen logarithmischen Skala direkt 1, die nach links folgenden Ziffern 1 der Reihe nach 0,1; 0,01; etc. Die Handhabung ist im einzelnen so analog dem ersten Fall, dass eine genauere Beschreibung nicht erforderlich sein dürfte.

Enthält der Schieber S noch eine logarithmische Skala direkt unter AB, so ist der Rechenschieber auch in gewöhnlicher Weise zur Berechnung von Produkten und Quotienten zu gebrauchen; ferner wird dann das Intervall, bis zu dem eine Berechnung von Potenzen erfolgen kann, noch wesentlich erweitert.

Das dem beschriebenen Rechenschieber zu Grunde liegende Prinzip lässt sich auch zur Konstruktion einer sehr einfachen Rechentafel zur Berechnung von Potenzen mit beliebigen Exponenten verwenden. Es sei (s. die schematische Fig. 2) wieder AB eine logarithmische Skala. Die Skala AC, die auf AB in A senkrecht steht, entspricht der vorher mit t_1 bezeichneten Skala, und ist ebenso geteilt wie diese. Durch die Teilpunkte der Skala AB sind Parallelen zu AC,

durch die Teilpunkte der Skala AC Parallelen zu AB gezogen. Ferner sind noch vom Punkte C die schrägen graden Verbindungslinien nach den Teilpunkten der Skala AB gezogen.

Ist a^b zu berechnen, so geht man vom Punkte a der Skala AB senkrecht parallel zu AC hinunter bis zu der durch den Punkt b der Skala AC gehenden Parallelen zu AB. Von diesem Schnittpunkt geht man dann auf der schrägen durch C gehenden Linie zu der Skala AB hinauf. Der Punkt der logarithmischen Skala AB, zu dem man so geführt wird, ist a^b. (In der schematischen Fig. 2 ist dies an der gestrichelten Linie durch Pfeile an dem Beispiel $2{,}3^{1{,}5}$ erläutert.)

Die Skala t_2 für Exponenten b, die kleiner als 1 sind, ist in leicht ersichtlicher Weise mit der Skala t_1 vereinigt. Für Grundzahlen a, die kleiner als 1 sind, ist das Dreieck BDC bestimmt. Aus dem wieder durch gestrichelte Linien und Pfeile gekennzeichneten Beispiel $0{,}15^{0{,}75}$ wird das Verfahren ohne lange Beschreibung erkennbar sein.

Die Berechnung von Wurzeln lässt sich natürlich immer auf die Berechnung von Potenzen zurückführen.

Übrigens lässt sich nach demselben Prinzip auch eine Rechentafel zur Berechnung von Produkten und Quotienten konstruiren.

Man trägt dazu auf AB (siehe die schematische Figur 3) eine gewöhnliche von 0 bis 10 reichende Skala auf; ebenso auf der dazu senkrechten Linie CA eine ebenfalls von 0 bis 10 reichende gewöhnliche gleichmässige Skala, wobei 0 in C, 10 in A steht. Ferner zieht man durch die Teilpunkte der beiden Skalen die Parallelen zu AB bzw. AC, sowie von C aus die schrägen Verbindungslinien zu den Punkten der Skala AB.

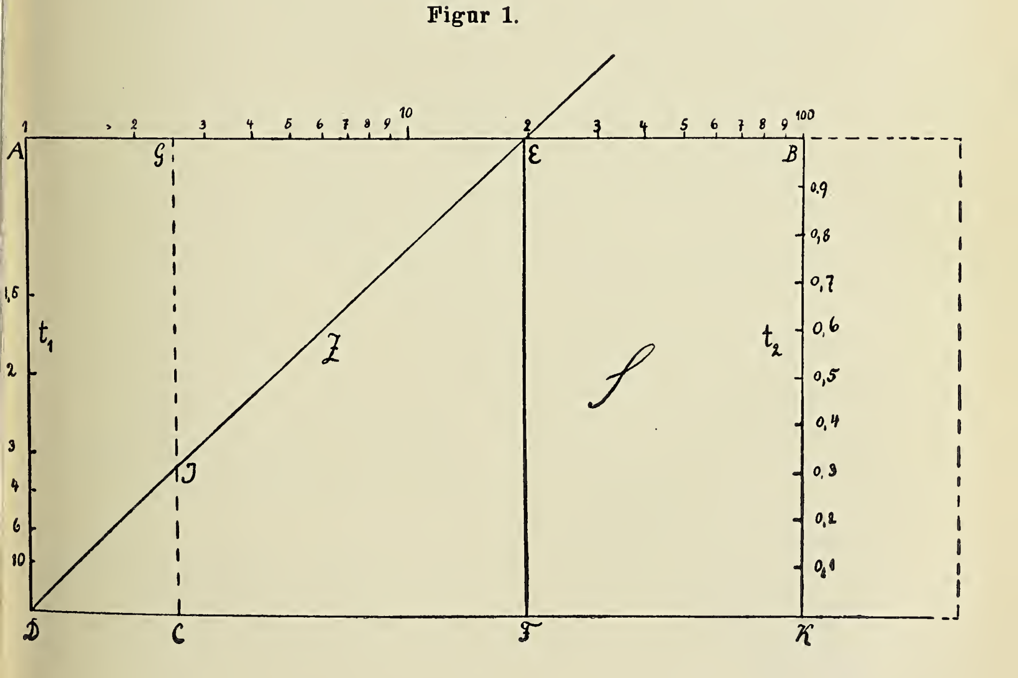
Um das Produkt $p \cdot q$ zu berechnen, geht man auf der Skala AB vom Punkte p aus — wobei man das Komma hinter der ersten Ziffer annimmt, — auf der schrägen zu C führenden Linie, bis man zu derjenigen Parallelen zu AB kommt, die durch den Punkt q der Skala AC geht. Von diesem Schnittpunkt aus geht man dann auf der zur Skala AC Parallelen

hinauf bis zur Skala *AB*. Der so gefundene Punkt gibt das Produkt *pq* — natürlich nur bis auf das Komma, dessen Stelle besonders zu ermitteln ist.

Dass das Verfahren richtig ist, sieht man am einfachsten, wenn man sich auf der Skala *AC* anstatt der Zahlen 1 bis 9 die Zahlen 0,1 bis 0,9 angeschrieben denkt.

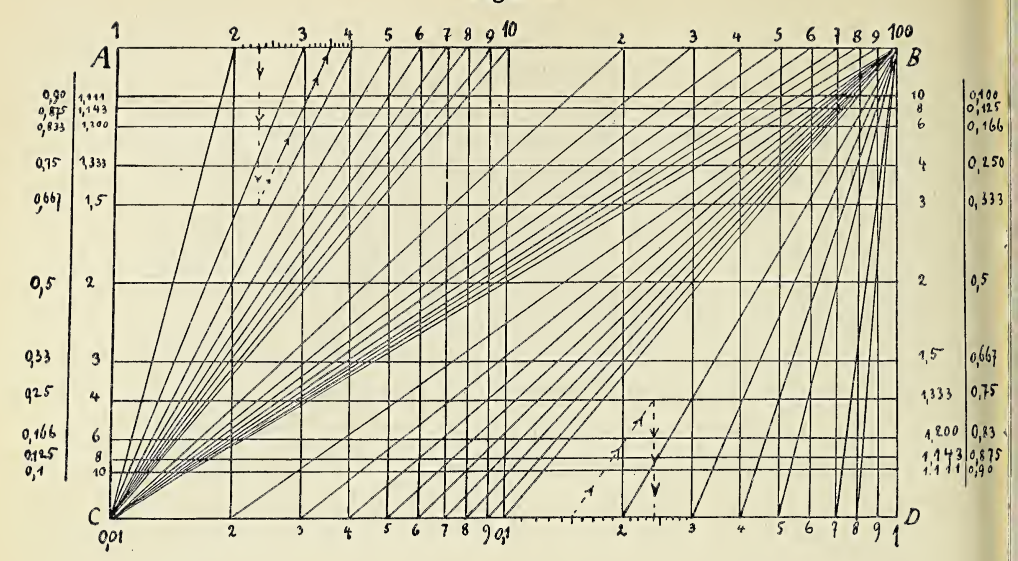
In Fig. 3 ist das Verfahren wieder durch die gestrichelte Linie und Pfeile an dem Beispiel 625×77 erläutert.

Im Interesse der Deutlichkeit sind in Fig. 2 und 3 nur einige orientirende Linien gezeichnet.



Figur 1.

Figur 2.



Figur 3.

A 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 B

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

C

Aufgelegte Schriften:

Jahresber. d. Naturw. Vereins in Elberfeld. 11. Heft. Elberfeld 1906.

Beilage hierzu: Bericht über die Tätigkeit des chem. Untersuchungsamtes d. Stadt Elberfeld. Elberfeld 1906.

Schriften der Physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg. i. Pr. 46. Jahrg. 1905. Königsberg 1906.

Verhandlungen des botan. Vereins der Provinz Brandenburg 47. Jahrg. 1905. Berlin 1906.

Sitzungsberichte der physikal.-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg 1905 Nr. 1 bis 9.

Sitzungsberichte und Abhandlungen der naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden Juli—Dez. 1905. Dresden 1906.

Abhandlungen herausgeg. v. naturwissenschaftlichen Verein zu Bremen XVIII. Bd. 2. Heft. Bremen 1906.

Verhandlungen der K. K. geolog. Reichsanstalt 1906 Nr. 2—4. Wien 1906.

Annalen des K. K. naturhist. Hofmuseums Wien 1905 XX. Bd. Heft 1. 1905.

Jahrbuch des Ungarischen Karpathen-Vereins XXXIII. Jahrg. 1906. Iglo 1906.

Sitzungsberichte d. medicinisch-naturwissensch. Section d. Siebenbürgischen (Erdélger) Museums-Vereins.

— XXIX. Jahrg. 1904 XXVI. Bd. I. medicinische Abteilung II.—III. Heft.

— XXX. Jahrg. 1905 XXVII. Bd. I. medicinische Abteilung I.—III. Heft.

— XXX. Jahrg. 1905 XXVII. Bd. II. naturwissenschaftliche Abteilung I.—II., III. Heft.

Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik utg. af k. Svenska Vetenskabsakademien i. Stockholm Bd. 2 Hälfte 3—4. Stockholm 1905—1906.

Arkiv för Botanik utg. af k. Sevenska Vetenskabsakademien in Stockholm Bd. 5 Hälfte 3—4. Stockholm 1906.

Archives du musée Teyler Ser. II Vol. X 1. Partie. Harlem 1905.

Bulletin de les Société geologique de Belgique, Table des motiéres du tome XXXII. Liége 1906.

Atti della reale accademia dei lincei. Rendiconti Vol. XV Fasc. 7, 8. Roma 1906.

Annali della facoltà di medicina, Università di Perugia 1904 Sw. III Vel. IV Fasc. 1—3, 4. Perugia 1904, 1906.

Bulletin de la société impériale des naturalistes de Moscou 1905 No. 1—3. Moscou 1906.

Annotationes Zoologicae Japonenses Vol. V Part. V. Tokyo 1906.

Boletin del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú No 30—34. Lima 1905.

Parergones del Instituto Geologico de Mexico. Tomo I, No. 10. Mexico 1906.

U. St. Geological Survey.

— Atlas to acc. monograph XXXII on the geology of the Yellowstone Park. Washington 1904.

— Mineral resources of the U. St. 1904. „ 1905.

— Professional Paper No. 43. „ 1905.

— 26. annual report of the Director 1904—5. „ 1905.

— Bulletin No. 265, 272—274. „ 1905.

— Walter-Supply Paper No. 148, 150.

Proceedings of the American Philosophical Society Vol XLIV No. 181. Philadelphia 1906.

Trausactions of the American Philosophical Society Vol. XXI Part. II Art. II. Philadelphia 1906.

The American Naturalist Vol. XL No. 473. Boston 1906.

Bulletin of the New-York Public Library Vol. X No. 5. New-York 1906.

Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences Vol. XLI No. 20—29.

Bulletin of the Scientific Laboratories of Denison University Vol. XIII Art. II. Granville, Ohio 1905.

Ohio State University, Bulletin Vol. X No. 1. 1905 3.

— Bulletin Vol. X Suppl. to num. 5. 1906.

Memoirs and Proceedings of the Manchester Literary and Philosophical Society 1905—1906. Manchester 1906.

Leopoldina 1906 Mai No. 5.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 7 **Juli** **1906**

In der ausserordentlichen Sitzung vom 25. Juli 1906 sprach Herr Herm. Schridde:

Über die Basalmembran der menschlichen Epidermis.

Seit den Untersuchungen von Todd und Bowman, welche auch für die Epidermis eine Grenzhaut annahmen, ist der Streit über die Existenz dieser Membram nicht zur Ruhe gekommen. Ranvier[1]) tritt gleichfalls auf Grund seiner Befunde unbedingt für das Vorhandensein einer Basalmembran ein. Nach Mazeration der Haut in Jodserum und Ablösung der Epidermis fand er, dass die Oberfläche der wie gezähnt erscheinenden Papillen „von einer dünnen, strukturlosen Membran bekleidet“ war. Demgegenüber stellt Unna[2]) den Satz auf: eine Basalmembran existirt nicht, eine Ansicht, der früher auch Kölliker schon Ausdruck gegeben. Unna beschreibt wohl „eine durchsichtige Substanz, welche den ganzen Papillarkörper in minimaler Dicke überzieht“; er ist jedoch der Ansicht, dass von dem Vorhandensein einer Membran nicht die Rede sein könne, weil nirgend wo an dieser Substanz doppelte Conturen zu erkennen seien.

---

1) L. Ranvier. Technisches Lehrbuch der Histologie. Leipzig 1888.

2) P. G. Unna. Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Haut. Ziemssens Pathol. und Therapie 1883.

In der Folgezeit erschienen dann verschiedene Arbeiten, welche sich wieder für die Existenz der fraglichen Grenzhaut aussprachen, so von Nékam,[1]) Kromayer[2]) und Merk.[3]) Nach den Angaben Kromayers ist die Grenzschicht „verschieden stark, von etwa ein Viertel der Dicke eines Epithelzellenkernes und darüber nach abwärts schwankend bis zur Grenze der deutlichen Wahrnehmbarkeit. Diese Grenzschicht vermittelt nach Kromayer den Zusammenhang von Epithel und Bindegewebe: in sie inserieren die fibrillären Bindegewebsfasern, in ihr haften die Zylinderzellen fest. Die Zylinderzellen senken protoplasmatische Fortsätze in diese Grenzschicht, die indessen nicht scharf von ihr abgesetzt sind, sondern kontinuierlich mit verwaschener Grenze in sie übergehen."

Merk schildert einen Basalsaum mit mehr oder minder deutlicher Streifung. Als besonders wichtig betrachtet dieser Autor einen Befund, bei dem er losgelöste Basalzellen konstatieren konnte, von denen jeder einzelnen „ein ganz besonders deutlich gestreiftes Stück des Basalsaumes zufiel."

Auch diese letzterwähnten Arbeiten haben bisher keine Anerkennung gefunden, wie das vor kurzem Stöhr[4]) noch betont hat. Aus meinen unten folgenden Ausführungen wird auch hervorgehen, dass die Befunde dieser Autoren in keinem Falle einwandsfrei sind. Dass der Streit in der vorliegenden Frage bis heute noch nicht zu Ende gekommen ist, liegt meiner Ansicht nach allein darin begründet, dass bisher Tinktionsmethoden fehlten, mit denen eine präzise Demonstration einer solchen Basalmembran gelingt.

---

1) Nékam. Quelques considérationes sur la disposition et la fonction des fibres élastiques. Ann. de dermat. et de syphil. T. VI. 1895.

2) E. Kromayer. Die Parenchymhaut und ihre Erkrankungen. Archiv f. Entwicklungsmechanik der Organismen. Bd. VIII. 1899. S. 273.

3) L. Merk. Experimentelles zur Biologie der menschlichen Haut. Sitzungsber. der Akademie der Wissenschaften zu Wien. Bd. 108. 1899. Abt. III.

4) Ph. Stöhr. Entwicklungsgeschichte des menschlichen Wollhaares. Anatom. Hefte Bd. XXIII. 1904.

Der Zufall lehrte mich nun ein Verfahren kennen, das in hervorragender, sehr distinkter Weise die Basalmembram der menschlichen Epidermis zur Darstellung bringt. Bei meinen Untersuchungen über das Vorkommen der Spirochaete pallida in syphilitischen Organen,[1]) welche ich mit Hülfe der von Levaditi modifizierten Ramon y Cajalschen Methode anstellte, sah ich zum ersten Male an Schnitten durch die Haut eines Neugeborenen die Basalmembran in präzisester Weise zur Anschauung gebracht.

Ich habe die eben genannte Methode in folgender Weise angewandt: Die Gewebsstückchen werden in einer Formollösung (9 Teile Wasser, 1 Teil Formol) fixiert, dann gewässert und weiter in 70% bis 90% Alkohol gebracht. Hierauf werden die in ca. 2 mm dünne Scheiben zerlegten Präparate auf kurze Zeit in destilliertes Wasser getan, bis sie untersinken, und nunmehr im Brütofen bei Lichtabschluss auf sechs Tage in eine 2% Argentumnitricum-Lösung gelegt. Nach darauf folgendem, gründlichen Auswaschen werden dann die Stückchen ebenfalls im Dunkeln vier Tage mit einer Pyrogallussäurelösung (Acid. pyrogall. 4 ccm, Formol 5 ccm, Aq. dest. 100 ccm) behandelt und schliesslich nach sorgfältigem Wässern durch die Alkohole steigender Conzentration und durch Toluol oder Xylol in Paraffin überführt. Die Paraffinschnitte, welche in einer Dicke von 0,005 mm hergestellt werden, werden ohne Gegenfärbung untersucht.

Meine auf Grund dieser Methode gewonnenen Befunde sind in zusammenfassender Weise dargestellt folgende. Der Grundton der Präparate ist ein helles Gelb-Braun. Sowohl das Epithel wie auch das Bindegewebe weisen diesen Farbenton auf, der nur an den Kernen in einer leicht dunkleren Nüance hervortritt. Schon bei schwacher Vergrösserung erkennt man, wie das Pflasterepithel in sehr scharfer Weise abgegrenzt ist vom darunter liegenden Corium durch eine tiefdunkle, fast wie mit schwarzer

1) Herm. Schridde, Spirochaetenbefunde in Organen und ihre Verwertung für die Diagnose und den Infektionsmodus der Syphilis. — Sitzungsberichte des ärztl. Vereins zu Marburg. 18. Juli 1906. Münch. med. Wchschr. 1906.

Tinte gezogene Linie. Die Linie folgt überall gleichmässig der feingezähnten Oberfläche der Lederhaut und überzieht kontinuirlich die Papillen des Coriums.

Bei Betrachtung mit homogener Immersion erscheint die Linie mehr in einem dunkelbraunen Tone. Sie ist sehr scharf abgehoben und begrenzt, sowohl nach dem Epithel wie auch nach dem Corium zu. Sie stellt sich wie ein feines, gleichmässiges Band dar, dessen Breite — um ein im Präparate befindliches Vergleichsobjekt zu nehmen — ungefähr dem halben Durchmesser eines Kernkörperchens der Epithelzellen entspricht. Eine Verdickung ist an keiner Stelle wahrzunehmen, weder sieht man auf grössere Strecken hin sich verbreiternde Partieen noch auch kleine oder knopfförmige Verdickungen. Eine feinere Struktur, vielleicht also eine Strichelung, von der Merk spricht, oder derartiges, habe ich auch an den feinsten Schnitten nicht finden können.

Der Verlauf der dunkelbraunen Linie entspricht ganz und gar dem Contur der wurzelförmigen Protoplasmaausläufer der Basalzellen, über welche ich schon an anderer Stelle [1]) berichtet habe. Dementsprechend sehen wir bei zum Corium senkrecht gerichteter Schnittführung in den Präparaten einen sehr fein und zierlich gezackten Verlauf. Das dunkle Band legt sich immer, sich wieder und wieder faltend, den Basalzellenwurzeln an. Jedoch reichen die nach oben gerichteten Schleifen niemals höher hinauf als bis zu der Stelle, an welcher die Auffaserung der Basalzellen in ihre wurzelförmigen Fortsätze beginnt. Niemals dringen irgend welche Fortsätze der dunkelbraunen Linie zwischen die Zellen in die Interzellularräume ein.

Besonders lehrreich und instruktiv sind die Bilder, welche man an Schrägschnitten gewinnt. Hier erscheint am Grunde der Epidermis ein feines, aus braunschwarz gefärbten Maschen gewirktes Netz, durch welches oft einzelne Kerne von Basal-

---

1) Herm. Schridde, Die Protoplasmafasern der menschlichen Epidermiszellen. Archiv für mikr. Anatomie. Bd. 67. 1905.

zellen hindurchschimmern. Die einzelnen Fäden dieses Netzwerkes sind von gleicher Breite wie die oben beschriebene Linie und weisen, soweit sich das mit unseren Hilfsmitteln überhaupt konstatieren lässt, niemals Unterbrechungen auf.

Am besten wird man sich an der Hand der Zeichnungen, die möglichst naturgetreu ausgeführt sind, ein Bild davon machen, was meine Worte schildern sollen.

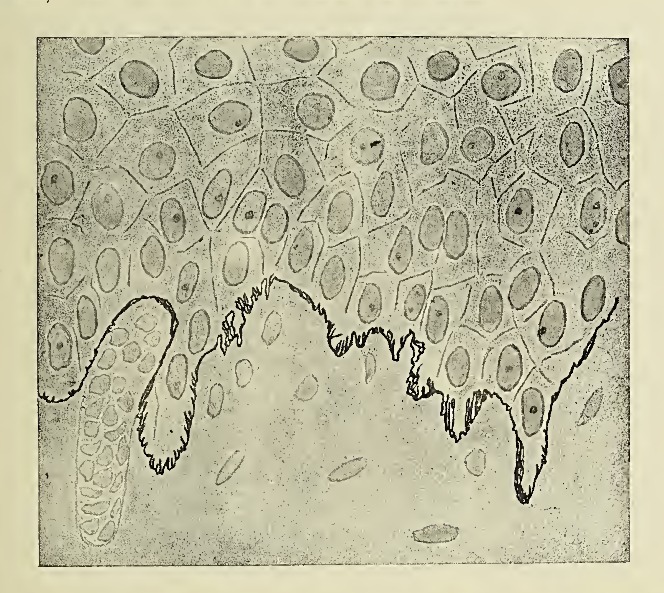


Fig. 1. Senkrechter Schnitt durch die Haut. Untere Epithellagen der Epidermis. Basalmembran. Coriumpapillen mit Capillare.

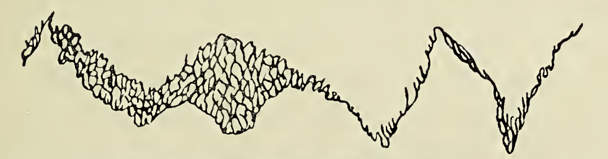


Fig. 2. Schrägschnitt durch die Basalmembran.

Aus den Abbildungen kann man auch leicht herauslesen, wie wir die Basalmembran uns körperlich vorzustellen haben. Ein Vergleich wird vielleicht am ehesten ein Verständnis für

die hier vorliegenden Formationen bringen. Wie man Pflanzen in den Boden pflanzt, so sind hier die Basalzellen mit ihrem wurzelförmigem Basalabschnitte in das Corium eingesenkt. Zwischen diese Protoplasmawurzeln und das Corium mit seinen zahllosen, feinen trichterförmigen Grübchen, in welche diese Wurzeln sich hineinsenken, ist nun in gleichmässiger Weise eine Masse ausgegossen, welche Oberfläche und Gruben der Lederhaut bedeckt und dadurch Corium und Epidermis trennt. Das ist die feine Basalmembran, welche in den Schnitten als dunkelbraune Linie erscheint. Die zuerst geschilderten, senkrecht zum Corium gerichteten Schnitte zeigen uns also die Grübchen mit der sie auskleidenden Membran in Seitenansicht (Fig. 1), während das beschriebene Netzwerk Querschnitte der Grübchen darstellt. Die Maschen dieses Netzes schliessen also hier die ebenfalls quergetroffenen Protoplasmawurzeln ein (Fig. 2).

Wir haben also nach meinen Untersuchungen nunmehr mit Sicherheit eine allerdings sehr dünne Basalmembran der menschlichen Epidermis anzunehmen. Dass es sich mit Bestimmtheit um eine Membran und nicht um eine Kittsubstanz handelt, geht daraus hervor, dass sowohl nach der Epidermis wie auch nach dem Corium zu ein scharfer Contur vorhanden ist, und dass der Querschnitt dieses Gebildes immer absolut gleichbreit ist und niemals Unregelmässigkeiten und Verdickungen und Verbreiterungen erkennen lässt. Weiter spricht für diese Annahme der Umstand, dass nur zwischen Corium und den Wurzeln der Basalzellen der Epidermis das geschilderte Gebilde vorhanden ist, während ähnlich oder gar gleich gefärbte Elemente sich niemals weder zwischen den Epithelien noch im Bindegewebe finden. Dass sich in dieser Membran viele kleine Lücken befinden, wie das Kromayer vermutet, ist sehr wahrscheinlich, wenn ich auch keinen derartig zu deutenden Befund erheben konnte. Es mag das aber an der hierfür unzureichenden Ausbildung unserer Hilfsmittel gelegen sein.

Zum Schlusse möchte ich noch kurz die Frage berühren, ob die Basalmembran den Epithelien oder dem Corium ihren

Ursprung verdankt. Zu einem endgültigen Schlusse bin ich nicht gekommen. Jedoch habe ich einige Bilder gesehen, welche in gewisser Weise vielleicht einen Hinweis geben. Ich habe bei Pemphigusblasen des mehrfachen eine alleinige vollkommene Zerstörung des Epithels durch Leukocyten beobachtet. Während hier nun sämtliche Schichten der Epidermis zerstört waren, lag an vielen Stellen Corium mit darauf befindlicher Basalmembran unverletzt und unverändert da. Wenn diese Bilder an sich auch nichts für die Herkunft der Membran beweisen, so lehren sie doch, dass die Basalmembran fester am Bindegewebe haftet als am Epithel und daher auch innigere Beziehungen zum Corium haben muss als zur Epidermis.

Den Nachweis einer Basalmembran der Epidermis, wie ich ihn im Vorstehenden erbracht zu haben glaube, halte ich nicht nur für wertvoll für histologische und entwickelungsgeschichtliche Fragen, ich hege vielmehr die Hoffnung, dass diese Basalmembran der Epidermis auch für die pathologische Anatomie von Bedeutung ist. Vielleicht gelingt es auf Grund der präcisen Darstellung dieser Membran, endlich auf die Fragen nach dem ersten Beginne der Epidermis-Carcinome und nach der Genese der Nävi eine sichere Antwort zu geben. Ich hoffe über Untersuchungen auf diesem Gebiete später berichten zu können.

Sodann sprach Herr Römer (nach gemeinschaftlichen Versuchen mit Dr. Much) über

Milch unter dem Einfluss des Lichtes.

In den Beiträgen zur Klinik der Tuberkulose Bd. V haben Much und ich über ein Verfahren berichtet, das es ermöglicht eine Milch zu gewinnen, die sich von Rohmilch im wesentlichen nur dadurch unterscheidet, dass sie frei ist von Bakterien, besonders von Tuberkelbazillen. Wir stellen die Milch in der Weise her, dass wir sie unter Wasserstoffsuperoxyd auffangen und nach be-

stimmter Einwirkungsdauer das Wasserstoffsuperoxyd durch eine stark wirksame, organische lösliche Katalase aus der Milch wieder entfernen. Praktisch sehr bedeutsam ist, dass diese Milch, die wir, weil sie das Produkt einer Kombination von Perhydrol- und Katalasebehandlung ist, „Perhydrasemilch" nennen, auch den normalen Rohmilch-Geschmack besitzt.

Wir gaben aber schon in unserer genannten Publikation an, dass die Perhydrasemilch diesen Rohmilchgeschmack nur dann behält, wenn man sie vor Licht schützt. Wir glaubten anfangs hier eine besondere Eigenschaft der Perhydrasemilch vor uns zu haben, aber es zeigte sich bald, dass auch jede andere Milch und zwar Rohmilch sowohl als auch pasteurisierte und sterilisierte Milch, welchen Bezugsquellen sie auch entnommen war, im Lichte verdarb, wobei noch besonders hervorgehoben werden soll, dass auch vollkommen sterilisierte, bakterienfreie Milch sich unter Lichteinfluss zersetzte. Die Zersetzung ist sehr leicht zu erkennen. Die normale, leicht gelbliche Farbe der Milch wird in eine mehr weisse Farbe mit einem leichten Stich in rosa verwandelt; Geruch und Geschmack werden sehr unangenehm und ekelerregend.

I.

Wir studierten sodann genauer die Bedingungen, unter denen diese Milchverderbnis eintritt.

Am Nachmittag des 25. V. 1906 stellten wir mehrere Proben von Perhydrasemilch in watteverschlossenen Kölbchen im Dunkeln und im Lichte auf. Es schien während des Nachmittags die Sonne. Am folgenden Tage schmeckte die im Licht aufbewahrte Probe schlecht. Die im Dunkeln gehaltene Milch schmeckte noch am 15. VI. tadellos. Es ging also hieraus hervor, dass der Zutritt von Sauerstoff (oder Luft) allein nicht genügt, den Geschmack der Milch in der von uns beobachteten Zeit zu verändern. Dahingegen genügte die gleichzeitige Bestrahlung von nur einigen Stunden, um die Milch schlechtschmeckend zu machen. Anwesenheit von Sauerstoff und Licht schien demnach hierfür notwendig zu sein.

Wir untersuchten, ob schon das Licht allein im Stande ist, die Geschmacksveränderung hervorzurufen; wir stellten daher folgende Versuche an:

Am 27. V. setzten wir verschiedene Proben sterilisierter Milch ins Sonnenlicht, nachdem wir aus der einen Flasche die Luft durch eine Wasserstrahlluftpumpe abgesaugt hatten; eine zweite stellten wir zur Kontrolle, von einer Glasglocke überdeckt, daneben. Bei einer dritten Probe war die Luft durch Kohlensäure verdrängt worden. Eine so behandelte Milch erhält schon durch das Einleiten der Kohlensäure einen etwas veränderten Geschmack.

Der Geschmack der Kohlensäure- und Vacuum-Milch war nach 3 Stunden absolut normal, die Kontrollprobe war vollkommen verdorben.

Am 29. V. stellten wir 2 Milchproben ins Sonnenlicht; bei der einen war die Luft durch Wasserstoff verdrängt. Die Kontrollprobe schmeckte nach 4 Stunden schlecht. Die mit Wasserstoff behandelte Probe wurde nach 2 Tagen geöffnet und war, trotzdem sie tagsüber im Sonnenlicht gestanden hatte, unverändert im Geschmack. Dadurch war nachgewiesen, dass nur gleichzeitige Einwirkung von Sauerstoff und Licht das geschilderte Phaenomen erzeugt.

Weiterhin trockneten wir eine Perhydrasemilch bei 52° im Vakuumapparat. Diese so gewonnene fein pulverisierte Milch wurde teils im Sonnenlicht, toils im Dunkeln aufbewahrt. Nach einem Tage zeigte das im Hellen aufbewahrte Pulver einen widerlichen Geruch und Geschmack. Die im Dunkeln aufbewahrte Probe schmeckte unverändert.

Endlich sei noch folgender Versuch erwähnt: Am 26. VI. setzten wir ein Kölbchen mit sterilisierter Milch in ein Glasgefäss, das mit Eiswasser gefüllt war. Für die stetige Erneuerung des Eises wurde Sorge getragen. Ein anderes Kölbchen wurde in ein Glasgefäss mit Leitungswasser gestellt, ein drittes (Kontrollkölbchen) endlich ohne Wasser daneben gestellt. Die Resultate waren bei der nach 1 Stunde vorgenommenen Geschmacks- und Geruchsprüfung folgende:

Kontrollkölbchen — sehr schlecht
Kölbchen in Wasser — schlecht
Kölbchen in Eiswasser — schlecht.

Das Kölbchen in Eiswasser schmeckt und riecht noch etwas schlechter als das Kölbchen in Leitungswasser. Dass die mit Wasser umgebenen Proben nach 1 Stunde noch nicht so schlecht sind, wie die Kontrollprobe, beruht wohl auf der Absorption des Lichtes durch Glas und Wasser. Nach 4 Stunden ist kein Unterschied mehr zu der Kontrolle.

Es kam uns nun darauf an, festzustellen, welche Mindestdauer der Belichtung für die erkennbare Zersetzung der Milch nötig ist. Am 8. VI. 1906 stellten wir eine Perhydrasemilch ins direkte Sonnenlicht, eine andere ins zerstreute Tageslicht, eine dritte ins Dunkle. Die dem Sonnenlicht ausgesetzte Milch zeigt schon nach 10 Min. beginnende Geschmacks- und Geruchsveränderung. Nach 20 Minuten riecht und schmeckt sie vollkommen schlecht. Die im zerstreuten Tageslicht aufbewahrte Milch zeigt am fünften Tage den Geschmacksumschlag. Die Milch im Dunkeln ist noch nach 14 Tagen unverändert.

Wir konnten das schnelle Eintreten der Milchveränderung in zahlreichen Versuchen bestätigen. Es genügte in der Regel eine halbe Stunde, um das Phänomen erscheinen zu lassen. Dabei war es, was die Schnelligkeit des Eintritts der Geschmacksveränderung betrifft, nicht absolut gleichgültig, ob die Milch von verschiedenen Kühen stammte oder ob sie verschiedenen Bezugsquellen entnommen war. Die Gründe für diese zeitlichen Differenzen wurden bisher noch nicht untersucht.

Wir hatten unsere bisher geschilderten Laboratoriumsversuche meistens in Erlenmeyer'schen Kölbchen mit Watteverschluss angestellt. Hier hatte also die Luft ungehindert Zutritt. Wir legten uns deshalb die Frage vor, ob der in einer Milchflasche, wie sie in der Praxis, im Milchhandel, gebraucht wird, vor-

handene Sauerstoff, wenn also die Flasche fast bis oben gefüllt und dann luftdicht verschlossen ist, genügt, um unter der Einwirkung des Lichtes die gleiche Milchveränderung zu bewirken.

Wir stellten deshalb am 27. VI. Milchflaschen mit luftdichtem Verschluss ins Sonnenlicht, nachdem wir vorher die eine ganz, die andere zu $^3/_4$, die dritte halb, die vierte zu $^1/_4$ mit Milch beschickt hatten. Nach einer Stunde wurden die Flaschen geöffnet. Es waren alle 4 Proben dem Geruch und Geschmack nach g l e i c h m ä s s i g verändert.

Es schien uns nun nicht unwesentlich, festzustellen, durch welche Strahlenarten diese schnelle Veränderung der Milch bewirkt wird. Wir stellten deshalb mehrere Versuche an, in denen wir Flaschen von verschiedener Farbe mit Milch gefüllt dem Sonnenlicht aussetzten.

In Flaschen aus weissem Glas, in Quarzkölbchen und in Flaschen aus blauem Glas trat sehr rasch die Zersetzung ein, in gelben Flaschen wurde sie etwas verzögert, in roten und grünen Flaschen blieb sie auch bei tagelangem Stehen im Sonnenlicht aus. Umhüllungen von weissen Milchflaschen mit farbigem Seidenpapier ergaben diesen Versuchen entsprechende Resultate. Grünes und rotes Papier schützte vollkommen vor der Zersetzung, während blaues, weisses und gelbes Papier den zeitlichen Eintritt der Zersetzung nur hinausschob.

Wir haben endlich noch Versuche mit reinem ultraviolettem Licht gemacht. In einem Quarzkölbchen setzten wir sterilisierte Milch dem Lichte einer von Herrn Privatdozenten Dr. A c h uns freundlichst überlassenen Quarz-Quecksilberbogenlampe aus. Nach 10 Minuten war die Geruchs- und Geschmacksveränderung der Milch schon deutlich, während eine in gewöhnlichem Glaskölbchen daneben aufgestellte Milchprobe in Geruch und Geschmack unverändert geblieben war.

Da man neuerdings vorschlägt, Milch durch ultraviolettes Licht zu sterilisieren, muss die geschilderte zersetzende Wirkung der ultravioletten Strahlen auf die Milch wohl beachtet werden. Wie aus obigen Daten hervorgeht, vermögen aber auch die sichtbaren Strahlen (blau und violett) das Milchfett zu zersetzen. Da die Lichtwirkung höchst wahrscheinlich auf eine Aktivierung des von der Milch absorbierten Sauerstoffs beruht, erscheint uns die Beobachtung, dass auch sichtbare Strahlen Sauerstoff aktivieren können, nach der theoretischen Seite hin sehr bedeutungsvoll.

II.

Nachdem durch vorstehende Versuche erwiesen war, dass Licht und Sauerstoff — und zwar lediglich diese — die geschilderte Milchzersetzung bewirken, gingen wir weiter der Frage nach, worin diese Zersetzung bestehe. Der namentlich nach langer und intensiver Belichtung oft deutlich bittere Geschmack der Milch legte uns zunächst den Gedanken an eine Eiweissspaltung mit der Bildung bitterschmeckender Peptone nahe. Mehrfache Analysen solcher belichteter bitterer Milch, verglichen mit der entsprechenden im Dunkeln gehaltenen wohlschmeckenden Kontrollmilch, ergaben aber stets die gleichen Resultate.

Nachdem mehrere Analysen das gleiche ergeben hatten, nahmen wir am 25. V. folgenden Versuch vor:

Eine grössere Portion Milch wurde scharf centrifugiert und der nach oben abgeschiedene Rahm abpipettiert. Aus der Magermilch wurde sodann das Kasein abgeschieden und nach gründlicher Fettextraktion (im Soxhlet) in verdünnter Lauge gelöst; hierauf wurden gleiche Mengen Rahm, Kasein-Lösung und Molke zum Teil im Dunkeln, zum Teil im direkten Sonnenlicht aufgestellt. Nach 2 Stunden zeigte der im Sonnenlicht aufgestellte Rahm schon die Geruchs- und Geschmacksveränderung, während der Inhalt aller übrigen Flaschen, was Geruch und Geschmack betrifft, sich unverändert zeigte. Nach

weiteren 24 Stunden war die Zersetzung im belichteten Rahm, soweit sie sich dem Geruchs- und Geschmacksorgan verriet, noch deutlicher geworden, während der Inhalt aller übrigen Flaschen für die Sinnenprüfung unverändert geblieben war.

Nach dem Ergebnis dieses Versuches bestand kein Zweifel mehr, dass die zersetzende Wirkung von Licht und Sauerstoff im wesentlichen das Milchfett betreffen müsse.

Die spontan eintretende Fettzersetzung, die man entsprechend der Wirkung zersetzter Fette auf Geruch und Geschmack auch als „Ranzigwerden“ (rancidus = scharf, kratzend) bezeichnet, besitzt schon lange das Interesse der Chemiker.

Während die einen die Zersetzung mehr als einen Oxydationsvorgang betrachteten und demgemäss dem Luftsauerstoff die Hauptbedeutung beimassen, sahen andere dieselbe als einen hydrolytischen Vorgang an und erblickten daher die Hauptursache, ja vielfach die alleinige Ursache der Fettspaltung in der Luftfeuchtigkeit. Endlich legen viele Autoren den in den Fetten enthaltenen Beimengungen, Verunreinigungen, Fermenten und Pilzen grosse Bedeutung bei. Als sich speziell die Kenntnisse von den Bakterien mehrten, wurden diese als die Hauptsündenböcke bei der Fettzersetzung angesehen; andere wiederum bestritten jegliche Bedeutung der Mikroorganismen.

Einen bedeutsamen Fortschritt machte Duclaux, der (1888) zeigte, dass vor allem dem Sonnenlicht eine erhebliche Bedeutung bei der Fettzersetzung zukommt, indem es eine schon selbständig erfolgende Zersetzung beschleunigt, also gewissermassen, wie wir uns heute ausdrücken, katalytisch wirkt.

Alle Zweifel darüber, dass in der Tat Sonnenlicht und Sauerstoff allein Fett zersetzen können, behob die unter Gaffky's Leitung ausgeführte schöne Arbeit Ritsert's. Er zeigte, dass sterile Fette weder durch Einimpfung von Bakterien (Rein-

kulturen aus ranzigem Fett, Mischkulturen aus solchen, Kot, faulender Heuaufguss) noch durch Zutritt des Sauerstoffs allein, des Lichtes allein, des Lichtes im Verein mit Wasserstoff, mit Kohlensäure oder mit Stickstoff zersetzt werden, dass aber bei gemeinsamer Wirkung von Sauerstoff bezw. Luft und Licht, die verschiedensten Fette (auch Butter) sich rasch zersetzen.

Ritsert wies ferner nach, dass Luft bezw. Sauerstoff unter dem Einfluss des Lichtes von der Milch absorbiert wird. Er vermutet, dass dann durch das Licht der Sauerstoff aktiviert wird und so die Fettzersetzung (Oxydation) veranlasst.

In steriles frisches reines Fett eingeimpfte Bakterien gehen nach Ritsert zu Grunde, vermögen also auch nicht Fett zu zersetzen; sie können sich nur auf schon zersetzten Fetten vermehren und so höchstens sekundär zu weiteren Fettzersetzungen beitragen. Auch die schon genannte Mutmassung einiger Forscher, dass Wasser eine Rolle bei der Fettzersetzung spiele, konnte Ritsert zurückweisen. Auch trockene Fette zersetzten sich unter dem Einfluss des Lichtes und bei Zutritt absolut trockener (über Chlorkalcium und Schwefelsäure geleiteter) Luft. Auch Fermentwirkungen sind auszuschliessen, da selbst mehrere Stunden auf 140^0 erhitztes Fett durch Licht und Sauerstoff zersetzt wurde. Die Angaben Ritsert's fanden später zum Teil vollinhaltliche, zum Teil teilweise Bestätigung, während andere wiederum an der Bedeutung der Mikroorganismen festhielten.

Aber mit der chemischen Charakterisierung der Ranzigkeit hatte es in der Folgezeit noch grosse Schwierigkeiten. Im allgemeinen gewinnt man bei der Lektüre der vielen Arbeiten über das Ranzigwerden der Fette den Eindruck, dass der Begriff der „Ranzigkeit“ noch in keiner Weise scharf umgrenzt ist. Der Chemiker scheint im allgemeinen die Bakterien, deren Fettspaltungsvermögen nach den Untersuchungen Rubners, Laxas und Schreibers nicht bezweifelt werden kann und die, wie Ritsert gezeigt hat, auf schon zersetzten und unreinen Fetten auch sich entwickeln können, zu vernachlässigen, die Bakteriologen wiederum haben die reine Lichtwirkung häufig nicht genügend be-

achtet. Es war daher eine lohnende Aufgabe für den Chemiker, unter strenger Beachtung des Umstandes, dass einerseits Licht und Luft ohne Mithilfe von Mikroorganismen reine Fette zersetzen können, dass aber andererseits auch den Bakterien eine gewisse Rolle bei der Fettzersetzung zukommen kann, den bisher gebräuchlichen Begriffen einen wohl definierten Inhalt zu geben.

Dieser Aufgabe hat sich nun — und unseres Erachtens durchaus mit Erfolg — Jensen unterzogen. Nach seinen Angaben müssen wir streng unterscheiden zwischen Oxydationsprozessen, die hauptsächlich die flüchtigen Fettsäuren und das Glycerin betreffen und chemisch sich durch Veränderungen der Jodzahl, eventuell auch durch die Stärke der Aldehydreaktion charakterisieren, und der einfachen hydrolytischen Spaltung der Fette in Glycerin und Fettsäuren, die sich chemisch in einer Zunahme der Säurezahl dokumentiert. Dass die Ungeniessbarkeit eines zersetzten Fettes nicht parallel der Säurezahl geht, ist nach Jensen deshalb ohne weiteres verständlich, da nur flüchtige oder lösliche Fettsäuren auf die Sinne wirken, alle aber an der Erhaltung der Säurezahl beteiligt sind.

In welcher Weise sich chemisch die Fettzersetzung durch Luft und Licht zu erkennen gibt, zeigte Jensen in folgendem Experiment. Er bestimmte die Säure- und Jodzahl steriler Butter, die er unter verschiedenen Bedingungen aufstellte:

	Säurezahl	Jodzahl
vor Beginn des Versuchs	2,9	39,1
in der Sonne	3,5	34,6
im diffusen Licht bei 35°	3,1	36,3
im Dunkeln	2,9	39,1

Sonnenlicht bewirkt also nur geringe Zunahme der Säurezahl (hydrolytische Spaltung), wohl aber starke Abnahme der Jodzahl (Oxydation).

In besonders instruktiven Versuchsreihen verglich sodann Jensen die Veränderung von sterilisierter und nicht sterilisierter Butter, die er unter verschiedenen Bedingungen aufstellte. Wir geben einen seiner Versuche hier wieder. Die Säurezahl der untersuchten Butter war vor Beginn des Versuchs = 2,0; die Jodzahl = 39,3.

	sterilisierte Butter			nicht sterilisierte Butter		
	Säurezahl	Jodzahl	Keimzahl	Säurezahl	Jodzahl	Keimzahl
in der Sonne	2,7	30,8	0	5,4	30,5	800
im diffusen Licht bei 35°	2,5	35,4	0	9,0	37,1	400000
diffusen Licht bei 20°	2,3	37,5	0	16,0	38,1	4000000
im Dunkel	—	—	—	17,9	39,3	7000000

Dieser Versuch zeigt, dass Veränderungen der Jodzahl nur im Licht, besonders intensiv im direkten Sonnenlicht eintreten; hier fand er auch kräftige Aldehydreaktion. Bemerkenswert ist ferner, dass die Abnahme der Jodzahl bei der im diffusen Licht und bei 35° aufgestellten Probe grösser ist, als in der entsprechenden bei 20° aufgestellten Butter, obwohl an letztere das Licht besser heran konnte. Es muss also auch Erhöhung der Temperatur eine Rolle spielen. Die Zunahme der Säurezahl war bei den sterilen Proben nur gering, das Sonnenlicht bewirkt also nur geringe hydrolytische Spaltung. Mässig ist die Zunahme in der nicht sterilen stark belichteten Probe offenbar infolge der bakterienfeindlichen Wirkung der Sonne. Gleichzeitig lehrt dieser Versuch, dass die Vermehrung der Säurezahl auf Bakterieneinwirkung beruht (hydrolytische Spaltung der Fette und Milchsäurebildung aus dem Milchzucker). Die grösste Veränderung der Säurezahl wies die im Dunkeln gehaltene nicht sterile Butter auf; hier hatten sich die Bakterien ungehindert entwickeln

können. Diese Probe hatte zugleich den stärksten, wirklich ranzigen Geschmack. Jensen gebraucht dementsprechend den Begriff „Ranzig“ ausschliesslich für die unter Mitwirkung von Bakterien erfolgende hydrolytische Spaltung des Butterfettes. Da in wirklich reinen und unzersetzten Fetten sich aber Bakterien nicht entwickeln können, fügt Jensen durchaus logisch hinzu, dass man von einem Ranzigwerden reiner Fette (in dem von ihm diesem Begriff beigelegten Sinne) nicht reden kann. Die Oxydation der Fette durch Luft und Licht ist ein prinzipiell verschiedener Vorgang; vielleicht empfiehlt sich für ihn nach dem Vorschlag Jensens der Begriff des Talgigseins. Vielleicht ist die Kreis'sche Phloroglucinprobe (s. Winckel) geeignet zur weiteren Differenzierung beider Arten der Fettzersetzung.

Die Unterschiede zwischen ranziger und talgiger Butter stellt Jensen übersichtlich folgendermassen zusammen:

	Farbe	Geruch u. Geschmack	Jodzahl	Säurezahl	fr. Fettsäure
Belichtete (talg.) Butter	weiss	talgig	starke Abnahme	schwache Abnahme	hauptsächl. flücht. Fetts.
Ranzige Butter	normal	ranzig	keine Abnahme	starke Zuname	nicht flücht. Fettsäure

Wir glaubten zu diesem — hoffentlich nicht allzusehr ermüdenden — literarischen Exkurs deshalb berechtigt zu sein, weil bei der bisher herrschenden Begriffsunsicherheit in den berührten Fragen der Unerfahrene unbedingt stutzig werden muss, wenn er liest, dass in einwandfreien Versuchen Ritsert zu dem Ergebnis kommt; Das Ranzigwerden der Fette erfolgt nur durch Licht und Luft, Jensen aber in nicht minder exakten Experimenten feststellt: Das Ranzigwerden ist Bakterienwirkung — die Verwirrung durch alle diejenigen, die weniger eindeutige Versuchsbedingungen wählten

als Ritsert und Jensen gar nicht mitzurechnen! Solche Erfahrungen zeigen überdies erneut und dringend, wie nützlich und notwendig eine scharfe Begriffsdefinition als Verständigungsmittel in der Wissenschaft ist.

Uns erscheinen die Gründe, die Jensen für seine Begriffsdefinition angeführt hat, genügend stichhaltig, um sie ebenfalls anzunehmen, und, indem wir auf unsere oben angeführten Experimente verweisen, können wir daher die von uns beobachtete Zersetzung des Milchfettes als ein Talgigwerden bezeichnen. In der Tat ähnelt der Geschmack dieser Milch gar nicht dem einer ranzigen Milch, wie wir ihn gelegentlich auch beobachtet haben (insbesondere bei Studien über Formalinkonservierung). Weil der Geschmack nichts Ranziges hatte, kamen wir anfangs gar nicht auf den Gedanken einer Fettzersetzung.

Dass es sich in der geschilderten Milchzersetzung um ein Talgigwerden (im Sinne Jensens) handelt, geht auch aus unseren chemischen Untersuchungen hervor, von denen die nachfolgenden Tabellen zwei Beispiele geben.

Wir stellten zunächst den Alkalescenzgrad der Milch unter Benutzung von Paranitrophenol als Indikator fest. Bezüglich der Gründe für die Anwendung dieses Indikators verweisen wir auf Ausführungen v. Behring's[1]). Benutzt man nämlich wie bisher üblich Phenolphtalein als Indikator für die Milch-Reaktion so „reagiert die frische Milch wie eine saure Flüssigkeit, obwohl sie annähernd die gleichen Reaktionsverhältnisse zeigt, wie das aus dem Blute des Milch liefernden Tieres gewonnene Blutserum, welches in der Physiologie als eine alkalisch reagierende Flüssigkeit angesehen wird“. Auf Grund von Erwägungen, die auf Auseinandersetzungen Nernst's zurückgreifen, erscheint die Benutzung von Paranitrophenol durchaus angezeigt, zumal der Farbenumschlag nach unseren Erfahrungen auch deutlicher ist als bei Benutzung von Phenolphtalein.

1) Ausstellung für Säuglingspflege in Berlin, Verlag von Rudolf Mosse, Seite 154.

Sodann bestimmten wir die Jodzahl. Die Bestimmung der Jodzahl nahmen wir nach einer von Herrn Professor Rupp uns freundlichst empfohlenen Methode vor: In einem gut verschlossenen, 100 kcm fassenden Messcylinder wurden 25 kcm Milch gebracht, mit 2 kcm starken Ammoniaks versetzt und nach starkem Schütteln 10 kcm 95 % Alkohols zugefügt. Dann werden 40 kcm Aether und 23 kcm leicht siedenden Petroläthers hinzugesetzt. Nach jedem Zusatz wird die Mischung stark geschüttelt. Nach 4 stündigem Stehen werden 40 kcm der Aetherfettlösung in gut verschlossene Gläser abpipettiert und mit 20 kcm einer frisch bereiteten Hübl'schen Mischung mit 1/10 Normalnatrium-Thiosulfat titriert (gegen Schluss der Titration mit Benutzung von Stärkelösung als Indikator). Daneben wurde stets ein blinder Versuch mit entsprechenden Quantitäten der Petrolaether-Aethermischung und der Hübl'schen Mischung angestellt. Aus der Differenz zwischen dem Ergebnis dieses blinden Versuchs und dem Milchversuch wurde die von den 40 kcm der Fettlösung absorbierte Jodmenge festgestellt, sodann auf die gesamte Fettlösung und endlich auf 100 kcm Milch umgerechnet. Die nachfolgenden Jodzahlen bedeuten also die unter den angegebenen Bedingungen von 100 kcm Milch absorbierte Jodmenge.

Sterile Milch.

100 kcm = 1,292 gr Jod.

	in 5 Tagen (viel Sonne)	in 9 Tagen (keine Sonne)
im Dunkeln	1,291	1,28
im Licht	0,759	0,7

Sterile Milch.

100 kcm = 0,568 gr Jod. — Alkalescenzgrad = 47,2 kcm N. L. pro 1 Liter.

	im Dunkeln				im Licht			
	Geruch u. Geschmack	Farbe	A.G.	J. Z.	Geruch u. Geschmack	Farbe	A.G.	J. Z.
1 St. Sonne	normal	gelblich	47,2	0,567	deutlich talgig	etwas weisslich	47,2	0,566
1¼ St. Sonne + 5 St. Tageslicht	"	"	47,1	0,567	stark talgig	"	47,0	0,562
1½ St. Sonne + 18½ St. Tagesl.	"	"	47,1	0,57	"	"	46,8	0,563
4½ St. Sonne + 28 St. Tageslicht	"	"	47,2	0,568	"	"	45,0	0,419

Unsere Versuchsergebnisse stimmen also mit denen Jensens überein, insofern als wir nur geringe Abnahme des Alkalescenzgrades und starke Abnahme der Jodzahl bei Einfluss von Licht und Luft auf Milch fanden. Der letzte Versuch ist insofern besonders instruktiv, als er zeigt, dass die Sinnenprüfung mehr leistet, was die Erkennung des Beginns der Fettzersetzung betrifft, als die chemische Untersuchung.

Bemerken wollen wir noch, dass wir die Kreis'sche Ploroglucinprobe, die nach der Angabe Winckel's bei belichteten Fetten positiv ausfällt, mit belichteter Milch nicht erzielen konnten.

III.

Nach dem Gesagten ist es verständlich, dass der Zersetzung des Milchfettes lediglich durch Luft und Sauerstoff unter Umständen eine wirtschaftliche Bedeutung zukommen kann. Der Milchlieferant, der nicht darauf achtet, dass seine Milch beim Transport vor Licht geschützt ist, kann riskieren, dass seine Ware wertlos wird auch wenn sie noch so sorgfältig gewonnen war. Indessen wird eine erhebliche praktische Bedeutung diesem Moment nicht zukommen, da ja die Hauptmasse der Milch in

der Regel in verschlossenen Blechkannen transportiert wird. Neuerdings macht sich aber — und aus bestimmten Gründen durchaus mit Recht — immer mehr das Bestreben geltend, die Milch in Flaschen abzugeben; speziell die für die Säuglingsernährung bestimmte Milch wird gern in trinkfertigen Einzelportionen flaschenweise geliefert. Diese Flaschen bestehen nun fast ausnahmslos aus durchsichtigem Glas. Wir konnten uns sowohl hier in Marburg als auch in anderen Städten, z. B kürzlich in Köln, davon überzeugen, dass häufig die für den Haushalt bestimmte Milch in Blechkannen im Wagen stand, während die als Kindermilch bezeichnete Ware in besonderen Glasflaschen in durchsichtigen Drahtgestellen auf dem Wagen paradierte. Die Zeit, während der eine solche Milch dem Licht ausgesetzt wird, kann, wie wir oben auseinandergesetzt haben, an sonnenhellen Tagen vollkommen ausreichen, um eine Fettzersetzung der Milch zu bewirken. Wir konnten öfters Milchwagen sehen, deren Kindermilch, während der Milchkutscher seine Kunden in den Häusern bediente, mitten in der Sonne stand. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass unter solchen Bedingungen viele Kinder eine verdorbene Milch erhalten. Nun wird allerdings stark zersetzte Milch der prüfenden Zunge der Mutter wohl kaum entgehen; hat aber die Belichtung nicht allzulange gedauert, oder ist sie nicht allzu intensiv gewesen, so ist der Geschmack, selbst für die geübte Zunge oft nur wenig verändert. Wir selbst konnten die Geschmacksveränderungen unter solchen Bedingungen manchmal erst durch den Vergleich mit der entsprechenden im Dunkeln gehaltenen Kontrollmilch erkennen. Der empfindliche Säugling könnte wohl auf eine solche Milch schon mit Störungen seines Wohlbefindens antworten.

Ob solche durch Belichtung verdorbene Milch gesundheitsgefährlich ist, suchten wir durch Tierversuche zu ergründen.

Wir entnahmen 16 Mäuse von durchschnittlich 5,2 gr (keine Maus unter 5 und über 5,5 gr) derselben Zucht, setzten sie zu

je 4 in 4 verschiedene Käfige. Die Mäuse erhielten täglich gleiche Mengen Milch und zwar die einen frische Rohmilch, die anderen Perhydrasemich, wiederum andere durch Dampf sterilisierte Milch und die letzten 4 endlich im Licht verdorbene, aber keimfreie Perhydrasemilch. Die Tiere wurden täglich zu derselben Stunde gewogen. Die nachfolgende Tabelle erhält das Ergebnis dieses über 14 Tage fortgesetzten Fütterungsversuchs:

Durchschnittliche Gewichtszunahme bei Mäusen in gr nach dem Anfangsgewicht (durchschnittlich 5,2 gr.)

ernährt mit:	nach															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Tagen
Roh-milch	1,18	1,8	1,9	2,75	2,8	2,8	3,25	3,6	4,0	4,0	4,125	5,4	6,725	6,27	6,152	
Perhyd.-milch	1,17	2,0	1,625	3,07	3,5	3,37	3,33	3,12	4,0	4,125	4,7	5,3	5,7	6,16	6,47	
Sterilis. Milch	1,0	1,15	1,6	1,6	2,0	2,6	2,5	2,5	3,0	3,5	4,00	4,75	5,05	5,3	5,55	
Talgige Milch	0,9	1,125	1,25	1,8	1,6	2,1	3,0	2,9	3,25	3,125	3,05	3,05	4,125	5,14	5,25	

Mäuse sind im allgemeinen sehr leicht aufzuziehen, daher sind auch in den vorstehenden Versuchen die Differenzen nicht sehr gross, zumal die Mäuse ausserdem noch Hafer erhielten; immerhin ist es zunächst doch sehr ausgesprochen, wie die Gewichtszunahmen für die mit Rohmilch und mit Perhydrasemilch ernährten Mäuse übereinstimmen und schliesslich die gleiche Höhe erreichen. Die Gewichte der mit steriler Milch ernährten Mäuse sind dagegen dauernd kleiner als die erstgenannten. Die diätetische Minderwertigkeit der durch Hitze sterilisierten Milch ist allgemein anerkannt und kommt bei grösseren Tieren (vgl. Behring's Beiträge zur exp. Theraphie, Heft 9) noch deutlicher zum Ausdruck. Die Gewichtszunahmen der mit belichteter Milch ernährten Mäuse entspricht nun im allgemeinen denen der mit sterilisierter Milch ernährten Tiere, ja

sie wird vom 10. Tage ab deutlich geringer. Der plötzliche Anstieg vom 13. Tage an ist vielleicht darauf zurückzuführen, dass unser Vorrat an belichteter Milch aufgebraucht war und wir mit der Herstellung frischer belichteter Milch Schwierigkeiten hatten, da Gewitterwolken an diesen Tagen vielfach die Sonne verdeckten. Aus dem gleichen Grunde musste die ganze Versuchsreihe am 15. unterbrochen werden. Immerhin ist ihr Ergebnis während dieser 15 Tage wohl ziemlich eindeutig, und wir bedauern nur dass wir nicht noch eine 5. Serie von Mäusen mit durch Hitze sterilisierter und belichteter Milch ernährt haben; denn das ist ja die Milch, die gerade in der Praxis vielfach zur Anwendung kommt. Erfahrungen an anderen Tieren lassen also ohne weiteres die Schlussfolgerung zu, dass die geringe Gewichtszunahme der mit durch Hitze sterilisierter Milch ernährten Mäuse direkt auf einer diätetischen Minderwertigkeit derselben beruht; ob aber die Gewichtskurve der mit belichteter Milch ernährten Mäuse darauf zurückzuführen ist, dass solche belichtete Mich weniger bekömmlich ist als Rohmilch, oder ob die Mäuse lediglich dieselbe weniger gern genommen haben, können wir nicht mit Sicherheit entscheiden. Wenn in der Tat solche belichtete Milch auch bei Aufnahme der gleichen Menge weniger bekömmlich sein sollte, so dürfte uns das nicht wundern, denn nach Bokai sind Fettsäuren als „Darmreize" namentlich für den Dünndarm anzusehen. Bokai sagt wörtlich, dass auf Grund seiner Versuche „alle von mir untersuchten Säuren eine diarrhoische Wirkung haben müssen, weil schon die angewendeten winzigen Dosen recht starke Darmbewegungen hervorzurufen imstande sind" „sie erzeugen auch, in kleineren Dosen gebraucht, Katarrh des Verdauungstraktes, in grösseren Dosen eine Entzündung desselben". Es sei auch an die Selbstversuche Aratas erinnert, der nach Aufnahme ranziger Butter Erbrechen, Leibschmerzen und Durchfall bei sich beobachtete, auch bei Kindern heftiges Erbrechen und Diarrhoe nach Genuss ranzigen Fettes sah. Wir haben mit unserer Milch Selbstversuche nicht vornehmen können, weil schon die geringsten Mengen derselben so widerlich und ekelerregend sind, dass sie sofortigen Brechreiz zur Folge haben.

Wenn wir daher auch noch nicht mit absoluter Gewissheit behaupten können, dass belichtete Milch dem menschlichen Säugling gefährlich ist, so muss man doch auf Grund unserer Feststellungen ohne Weiteres die Möglichkeit zugeben, dass sie für den Säugling schädlich sein k a n n. Vielleicht hängt also mancher Fall von Darmkatarrh beim Säugling nicht nur mit den Bakterien der Milch und deren Produkten zusammen, sondern auch mit der durch das Licht bewirkten Milchzersetzung. Auffallend ist, dass bisher die Tatsache, dass Milch auf den Zutritt von Sauerstoff und Licht mit einer Zersetzung des Fettes antwortet, so wenig in den Kreisen der Aerzte und Hygieniker bekannt ist, obwohl wie wir nachträglich feststellen, die Hausfrauen vielfach, wenn auch wohl mehr instinktiv ihre Milch vor dem Licht schützen. In den Lehrbüchern ist die Bedeutung des Lichtes für die Milch bisher noch nicht gewürdigt und nur für die Butter berührt. So schreibt, um nur die bekanntesten Lehrbücher zu citieren, P r a u s n i t z: „Gute Butter oder Butterschmalz haben einen angenehmen aromatischen Geschmack, während Butter, welche nicht mit der nötigen Sorgfalt hergestellt ist, oder an ungeeigneten Ort aufbewahrt wird, „ranzig“ riecht und schmeckt. Der ranzige Geruch und Geschmack rührt zum Teil von freien Fettsäuren her, in welchen Milchfette ursprünglich nicht vorhanden sind, sondern sich erst später unter gewissen Bedingungen (Einwanderung von Bakterien und Einwirkung von Luft und Licht) abspalten“, und G ä r t n e r sagt: „Ranzig heisst die Butter dann, wenn sie unangenehm riechende und schmeckende freie Fettsäuren und Oxydfettsäuren enthält. Das Ranzigwerden lässt sich durch Abschluss von Licht und Sauerstoff verhindern.“

Dagegen fehlt in den Kapiteln über die Milch die Hervorhebung der Bedeutung von Luft und Licht für dieselbe. Nur K ö n i g weist auch auf ein Ranzigwerden der Milch hin, wenn er sich auch über die Bedingungen des Ranzigwerdens nur sehr allgemein ausdrückt: „Fehlerhaft conservirte Milch nimmt nämlich mit der Zeit einen talgartigen, mitunter ranzigen und bitteren Geschmack an.“

Wir haben uns endlich noch mit der Frage beschäftigt, wie wir diese Milchzersetzuug durch Licht und Luft am besten vermeiden. Ritsert, der die Bedeutung des Lichts im Verein mit der Luft für die Fettzersetzung am klarsten erkannt hat, hält zum Zweck der Konservierung der Fette es für das zweckmässigste, die Fette unter Sauerstoffabschluss aufzubewahren. Das ist für die Milch nicht angängig: denn ganz abgesehen von den praktischen Schwierigkeiten wäre dies eine Methode, die die Entwicklung gesundheitsgefährlicher Anaërobier in der Milch sehr begünstigen würde. Wir müssen also das Licht fernhalten. Man könnte daran denken statt der Flaschen aus weissem Glas solche aus Blech oder Emaillegefässe oder auch Gefässe aus schwarzem, rotem oder grünem Glas zu benutzen. Da aber die Hausfrau gern die Milch auch mit dem Auge mustert, würden erstere nicht zu empfehlen sein, und gegenüber Flaschen aus farbigem Glas kann man sich eines gewissen unapetitlichen Gefühls schwer erwehren. Dagegen ist es sehr einfach, die Milch vor der Zersetzung durch Lichtwirkung zu schützen, wenn man sie in einer Blechhülse transportiert. Die gleichen Dienste leistet die Umhüllung mit schwarzen, rotem oder grünem Seidenpapier. Wie oben ausgeführt, glaubt Jensen, dass auch Erwärmung der Fette im Verein mit Sauerstoffzutritt ein Talgigwerden bewirken kann. Wir haben für die Milch dieses Phaenomen auch bei wochenlangem Stehen im Brütsehrank nicht bestätigen können, wenigstens nicht für die blosse Sinnenprüfung. Immerhin wird es sich empfehlen, Milch nicht nur vor Licht zu schützen, sondern auch kühl aufzubewahren. In der Praxis werden wir jedenfalls künftighin die geschilderte Milchfett zersetzende Lichtwirkung nicht ausser Acht lassen dürfen.

Nach den Angaben von Duclaux werden die Glyceride der nicht gesättigten Fettsäuren besonders leicht durch Licht und Luft zersetzt. Dem entspricht auch die Feststellung Roloff's, dass Licht besonders ungesättigte Kohlenwasserstoffe beeinflusst. Angesichts dieser Angaben erscheint es als eine sehr zweckmässige Einrichtung der Natur, dass der dem Licht dauernd

ausgesetzte Hauttalg in der Hauptsache aus den schwerer zersetzlichen Triglyceriden der gesättigten Fettsäuren (Stearinsäure und Palmitinsäure) besteht; wir würden sonst fortwährend unter der ätzenden Wirkung der Fettsäuren zu leiden haben. Sehr intensive und dauernde Belichtung vermag auch die Glyceride der gesättigten Fettsäuren anzugreifen. Vielleicht hängt das heftige Brennen der Haut an unbedekten Körperstellen nach langer Wanderung in glühender Sonne auch mit der Abspaltung von Fettsäuren aus den festen Fetten des Hauttalgs zusammen. Durchaus zweckmässig verfährt auch die Natur, wenn sie die Milch mit ihrem lichtempfindlichen Fetten (die Milch enthält ja Glyceride der ungesättigten Fettsäuren) vor dem Licht schützt; denn wir dürfen ja nicht vergessen, dass der natürliche Beruf der Milch darin besteht, direkt von der Brust bezw. vom Euter durch das saugende Neugeborene aufgenommen zu werden, ohne dass sie auch nur für Momente in Berührung mit dem Tageslicht kommt. Erst der Mensch ist es ja, der in das feine Räderwerk natürlichen Geschehens eingreift und damit vielleicht Gefahren heraufbeschwört, die auf Grund unserer Beobachtungen und Erwägungen künftighin wohl nicht mehr unberücksichtigt bleiben dürfen.

Herr Dr. K. S. Iwanoff (als Gast) hielt einen Vortrag:

Ueber ein experimentelles Brocken-Gespenst.

Ich stehe am Fenster und sehe den Nebel im Thale. An dieser weissen wellenförmigen beweglichen Oberfläche sehe ich einen dunkleren flachen Schattenfleck. Ich denke, dass es eine verdünntere Stelle in der Nebelwolke sei. Aber die Nebelwolke kommt immer näher und näher und dann sehe ich, dass dieser Schatten ein körperliches Aussehen und namentlich die Form einer Uhrglasscheibe hat und ich erkenne bei einäugigem Sehen, dass diese Uhrglasscheibe eine bestimmte Tiefe hat.

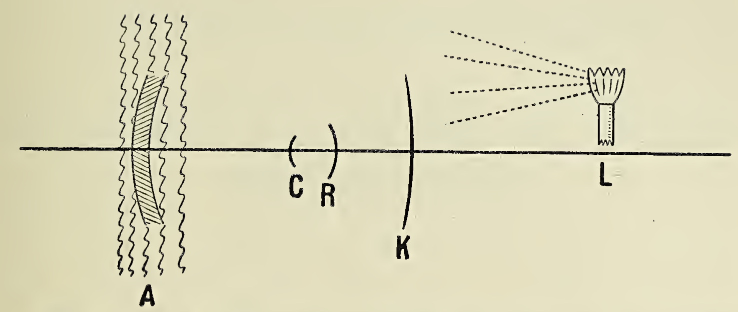


Fig. 1. A. Wellenförmige Oberfläche des Nebels mit schematischem Bilde des Schattens. C = Corea, R = Retina, K = Hintere Oberfläche des Kopfes des Beobachters. L = Lampe.

Die Nebelwolken kommen immer näher und näher und ich kann endlich meinen eigenen Schatten ganz nahe vor mir sehen. Ich bemerke dann, dass hinter mir die Lampe steht mit einer hyperboloidähnlichen Kuppel aus Milchglas und ich verstehe endlich: das ist mein Schatten, ergo Brockengespenst. Diese Erscheinung kann man zweideutig erklären oder im Sinne von elektromagnetischer Theorie des Lichts als eine Nachahmung der Hertz'schen Versuche mit stehenden Wellen, nur nicht mit Spiegeln, sondern mit Phenomenen der Lichtzerstreuung und Lichtconcentration auf hyperboloidförmigen Flächen und mit Hilfe der Wellenoberflächen, welche auch eine Hyperboloidform haben.

Wirklich, wir haben in unserer Retina, unserer Hornhaut und in der Tenonschen Kapsel einige Rotationshyperboloidflächen und können dann folgendes Schema (Fig. 2) construiren,

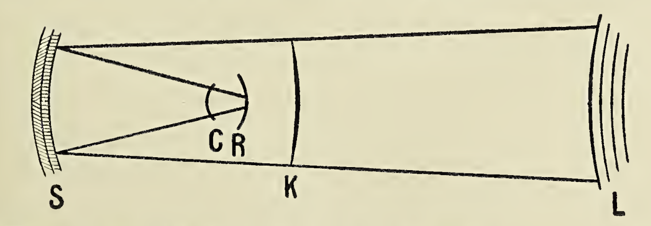


Fig. 2. S = Schatten. C, R, K, H, L s. Fig. 1.

weil die Netzhautprojektion in äusserem Raume eine Hyperboloidfläche nach Helmholtz vorstellt, und das Lichtstrahlbündel kann man betrachten als ein unendlich dünnes Hyperboloid mit hyperboloidähnlichen gekrümmten Endflächen, und aus den Eigenschaften dieser Hyperboloidfläche kann man leicht viele Gesetze der Bewegung des Lichtes erklären. Nur denke man sich dann anstatt cylindrischer Wirbelfäden und ringförmiger Wirbelringe von Helmholtz ein Strahlenbündel, welches dem Strahle des Wassers, das aus einer engen Öffnung unter Druck herausgepresst oder herausgeschleudert wird, ähnlich ist. Die Differenz zwischen den Helmholtz'schen Wirbeln und dieser Vorstellung liegt nur in jenem Umstande, dass wir anstatt unendlich dünner cylindrischer Wirbelfäden ein unendlich dünnes Hyperboloid haben. Alle Vorgänge, sowohl elektromagnetische, als einfache Lichterscheinungen beobachtet man nur auf der Oberfläche des Strahlenbündels.

Die Erklärung im Sinne von der Helmholtz'schen Theorie des einäugigen Sehens kann man geben in verschiedenen Accomodationseinstellungen des Auges auf ein undeutliches Schattenbild und aus Eigenschaften des Horopters.

Einige Beobachtungen über die Weinbergschnecke (Helix pomatia) zeigen auch, dass dieses Thier die Bewegungen seiner Augen auf einer Hyperboloidfläche macht. Aus diesen und verschiedenen anderen Beobachtungen kann man vermuten, dass wir eine vielfache Anwendung der Hyperboloidfläche erwarten können, nur müssen wir anfangs die darstellende Geometrie dieser Fläche eingehend studieren und mit Geometrie von Lobatschewsky vergleichen.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 8 **Juli** **1906**

In der Sitzung der Gesellschaft vom 11. Juli berichtete Herr F. Richarz zunächst:

Über die Fortsetzung der Versuche des verstorbenen ordentlichen Mitgliedes Joh. Kiessling durch Herrn Erich Barkow,

siehe dessen Inaugural-Dissertation vom 4. März d. J., Marburg bei Joh. Hamel: „Versuche über Entstehung von Nebel und dessen optische Eigenschaften bei Wasserdampf und einigen anderen Dämpfen.“ Von den Resultaten, die Herr E. Barkow gefunden hat, soll hier nur, als in diesen Sitzungsberichten noch nicht publiziert, erwähnt werden, dass Ozon bei längerem Stehen mit Luft, oder auch mit Sauerstoff, der auch nur etwas Stickstoff enthält, nebelbildende Condensationskerne erzeugt, besonders bei Belichtung. Als wahrscheinlich hat Herr E. Barkow nachgewiesen, dass Oxydation des Stickstoffs durch das Ozon stattfindet (pag. 40—56 der Dissertation) und dass die Oxydationsprodukte die Condensation hervorrufen. Zwar fand Herr E. Warburg bezw. Herr Kreusler (Ann. d. Physik **13**, 1904, p. 470; Ber. d. Ak. d. Wiss. Berlin 1903, p. 1012), dass das Ozon, welches bei Spitzenentladung in stickstoffhaltigem Sauerstoff, aus Elkan'schen

Bomben entnommen, entsteht, den Stickstoff nicht oxydire. Meissner dagegen behauptete in seinen „Untersuchungen über den Sauerstoff,“ Hannover 1863, pag. 131 und 132, dass Ozon den Luftstickstoff oxydire. Herr Barkow ist auf Grund seiner Versuche derselben Ansicht. Herr E. Pringal setzt die Versuche von Herrn E. Barkow im Physikalischen Institut fort.

Im Zusammenhange mit den Versuchen vou Herrn E. Barkow steht auch, dass Herr Dr. Karl Stuchtey im hiesigen Institut gefunden hat, dass die Oxydationsprodukte, die Ozon mit Stickstoff erzeugt, auch dann, wenn letzterer nur in Spuren vorhanden ist, elektrische Leitfähigkeit direkt oder indirekt erzeugen. Bei Gelegenheit dieser Versuche fand Herr Dr. K. Stuchtey auch, dass Paraffin von Ozon angegriflen wird: im Gegensatz zur allgemeinen Annahme (vgl. z. B. Travers, Experimentelle Untersuchung von Gasen, deutsch von Estreicher, Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1905, pag. 53). Und zwar bildet sich beim Angriff des Ozons auf das Paraffin sowohl auf dessen Oberfläche eine elektrisch leitende nicht-flüchtige Verbindung, als auch nach dem Geruch zu vermuten, vielleicht eine flüchtige, die dann — von Paraffindichtungen der Hähne, Schliffe u. s. w. aus — Leitfähigkeit wiederum direkt oder indirekt zu erzeugen im Stande ist.

Sodann sprach Herr F. Richarz über **neue Methoden zum Nachweis der Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe** und demonstrirte zuerst den Apparat von Hefner-Alteneck an einem Exemplare, welches der Erfinder Herrn F. Kohlrausch, und dieser dem Institut zum Geschenk gemacht hat. Der Apparat ist bekannt und braucht nicht beschrieben zu werden. Dasselbe gilt von dem Demonstrationsverfahren von Herrn E. Warburg, bei welchem gezeigt wird, dass ein und dieselbe Gasflamme an einer höheren Stelle des Auditoriums befindlich mit grösserer Flamme brennt, als an einer tieferen. Auch der Versuch von Herrn U. Behn beweist die Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe. Bei ihm brennen zwei Flammen in der Nähe der Enden eines horizontalen Zuleitungsrohres, zu

gleichen Flammengrössen regulirt. Bei auch nur geringer Neigung des Zuleitungsrohres wird die höher befindliche Flamme bedeutend grösser, die tiefere kleiner. Während indessen die Demonstrationen nach Hefner-Alteneck und Warburg direkte sind, beweist der Versuch von Herrn U. Behn die Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe nur indirekt. Der Behn'sche Versuch findet nämlich direkt seine Erklärung in dem Auftrieb, den das Leuchtgas zwischen der tieferen und der höheren Brenneröffnung durch die umgebende Luft erfährt. Dieser Auftrieb allein genommen würde bewirken, dass das Leuchtgas, welches sich in dem von der Gasleitung losgelöst gedachten Rohre befindet, nur zur höher gelegenen Brenneröffnung hinausströmt, während die untere Flamme erlischt, wovon man sich durch Abreissen des verbindenden Schlauches überzeugen kann. Ist dagegen der Schlauch normalerweise mit der Gasleitung verbunden, so treibt der in ihr herrschende Überdruck das Leuchtgas auch an der tiefer gelegenen Brenneröffnung hinaus, und die Verschiedenheit der Flammenhöhe ist die Folge der superponirten Wirkung vom Auftrieb und vom Gasdruck in der Leitung.

Dass diese Auffassung von Behns Versuch zutrifft, beweist dessen Umkehr, die man erhält, wenn man das Zweibrennerrohr in Verbindung setzt mit einem Chloräthylfläschchen (Siedepunkt 11—12^0), wie man sie zugeschraubt im Handel erhält. Die Dampfdichte des Chloräthyls C_2H_5Cl im Vergleich zu Luft beträgt $64:29 = 2{,}21$. Von den beiden Chloräthyldampfflammen wird bei Neigung des Zweibrennerrohres die tiefer befindliche länger, die höher befindliche kürzer, weil Chloräthyldampf nach unten fällt.

Kehren wir zu Behns Versuch mit Leuchtgas zurück. Der Auftrieb findet seine Erklärung in der Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe; man denke nur an den Beweis des archimedischen Prinzips! Insofern ist auch der Versuch von Behn in der Tat beweisend für die Abnahme des Luftdruckes

mit der Höhe. Aber in demselben Sinne ist auch das Aufsteigen einer mit Leuchtgas gefüllten Seifenblase beweisend dafür, dass an ihrer Oberseite der Luftdruck kleiner ist als an ihrer Unterseite; denn dadurch resultirt der Auftrieb, welcher grösser ist als das Gewicht des Leuchtgases plus Seifenblase.

In Zusammenhang mit der Erklärung des Behn'schen Versuches steht auch die Zunahme des Überschusses von Gasleitungsdruck über den äusseren Atmosphärendruck, wie er in den höher gelegenen Teilen von Gebirgs-Städten, wie der unsrigen, sich gegenüber den niedrig gelegenen Stadtteilen stark bemerkbar macht. Diese Überschusszunahme macht sich übrigens an einem Wassermanometer bereits für die Höhendifferenz zwischen Keller- und Dachgeschoss eines mehrstöckigen Gebäudes gut messbar geltend. Aus ihr kann der Dichtigkeitsunterschied zwischen Luft und Leuchtgas berechnet werden. Ich lasse diese prinzipiell instruktive Messung bereits seit 3—4 Jahren als Praktikum-Aufgabe ausführen. Ihre Auswertung gestaltet sich folgendermassen. Es sei der Gasdruck an der oberen Stelle P_o, an der tieferen P_u, entsprechend sei der Atmosphärendruck p_o bezw. p_u. Die Höhendifferenz beider Stellen sei h (in cm). Mit dem Wassermanometer wird gemessen:

$$P_o - p_o = \delta_o \cdot g$$
$$P_u - p_u = \delta_u \cdot g$$

wo δ in cm auszudrücken und g die Schwerebeschleunigung ist. Nennt man σ_G die Dichtigkeit des Gases, σ_L die der Luft, bezogen auf Wasser = 1, so ist der aërostatische Druck unten jedesmal gleich demjenigen oben vermehrt um das Gewicht einer zwischenliegenden Gassäule vom Querschnitte 1; also:

in der Gasleitung: $P_o + h \cdot \sigma_G \cdot g = P_u$

und in der freien Atmosphäre: $p_o + h \cdot \sigma_L \cdot g = p_u$

woraus:

$$P_o - p_o - h \cdot g\,(\sigma_L - \sigma_G) = P_u - p_u$$
$$h \cdot (\sigma_L - \sigma_G) = \delta_o - \delta_u$$
$$\sigma_L - \sigma_G = \frac{\delta_o - \delta_u}{h}$$

Indem man für σ_L die aus augenblicklichem Barometerstand und Lufttemperatur folgende Luftdichtigkeit einsetzt, erhält man für die Gasdichtigkeit selbst:

$$\sigma_G = \sigma_L - \frac{\delta_o - \delta_u}{h}.$$

Ferner trug Herr F. Richarz vor über Versuche von Herrn Julius Kapp zur Bestimmung des **Verhältnisses $\varkappa$ der spezifischen Wärmen bei einem Gasgemisch** und über dieses Verhältnis **bei Luft** (Fortsetzung von der Mitteilung in der Sitzung der Ges. vom Juli 1904, diese erste Mitteilung auch Drudes Ann. d. Phys. **19**, p. 639—642, 1906). Während die spezifische Wärme bei constantem Volumen c_v als Zuwachs der inneren Energie eines Gases pro Masseneinheit für ein Gasgemisch ihrem Wesen nach durch die Mischungsregel aus den Werten für die Bestandteile sich ergeben muss, gilt dies für die spezifische Wärme bei constantem Druck c_p dagegen nicht, da bei dieser die äussere Arbeit hinzukommt. Erst recht gilt dies daher nicht für das Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen $c_p/c_v = \varkappa$. In meiner ersten Mitteilung habe ich theoretisch abgeleitet, dass $1 : (\varkappa - 1)$ für ein Gemisch eine lineare Funktion der Dichtigkeit ε des Gasgemisches ist, dass dagegen für $\varkappa$ selbst, oder für die Abhängigkeit vom Gewichtsprozentgehalt μ des Gemisches an einem seiner Bestandteile eine einfachere Beziehung nicht gilt. Eine Beziehung für $\varkappa$ eines Gasgemisches ausgedrückt durch die $\varkappa$-Werte seiner Bestandteile musste damals aufgestellt werden, damit Herr Artur Jacobs aus den direkt bestimmten Werten von $\varkappa$ für ozonhaltigen Sauerstoff den Wert für reines Ozon durch Extrapolation berechnen konnte. Die Abhängigkeit einer Funktion Kappas gerade von der Dichtigkeit ε des Gemisches anzugeben, war dabei darum erforderlich, weil für die Ozon-Sauerstoffgemische die Dichtigkeit die aus den Messungen am einfachsten folgende, hypothesenfrei bestimmbare unabhängige Variable war (siehe Artur Jacobs, das Verhältnis $\varkappa$ der beiden spezifischen Wärmen c_p/c_v von Ozon. Inaugural-Dissertation Marburg 1904, Gleisers Universitäts-Buchdruckerei, pag. 15—20).

In anderen Fällen wird direkter aus den Messungen der Volumprozentgehalt an einem Bestandteil in dem Gemische ableitbar sein. Dann kann eine ganz analoge Formel für die Abhängigkeit der Kappawerte des Gemisches von dem Volumprozentgehalt sogleich aufgestellt werden. Bezeichnen wir wieder mit m', m'', m bezw. v', v'', v bezw. ε', ε'', ε die Massen, Volumina, Dichtigkeiten der beiden Bestandteile und des Gemisches, alle bei gleichem Druck (1 Atmosphäre) und gleicher Temperatur gedacht. Dann ist:

$$\varepsilon' = \frac{m'}{v'} \qquad \varepsilon'' = \frac{m''}{v''}$$

$$v = \frac{m' + m''}{v' + v''} = \frac{m'}{v'} \cdot \frac{v'}{v' + v''} + \frac{m''}{v''} \cdot \frac{v''}{v' + v''}$$

$$= \varepsilon' \cdot \frac{v'}{v' + v''} + \varepsilon'' \cdot \frac{v''}{v' + v''}$$

Jetzt führen wir den durch 100 dividirten Volumenprozentgehalt des einen Bestandteiles ein:

$$\varphi'' = \frac{v''}{v' + v''}$$

Dann wird:

$$\varepsilon = \varepsilon' \cdot (1 - \varphi'') + \varepsilon'' \cdot \varphi''$$

oder: $$\varepsilon = \varepsilon' + \varphi''(\varepsilon'' - \varepsilon').$$

Es ist also ε eine lineare Funktion von φ'', oder für die Dichtigkeit eines Gasgemisches gilt die Mischungsregel, aber bezogen auf Volumprozente. Hier und in meiner oben citirten ersten Mitteilung bin ich ganz elementar, fast trivial, bei der Aufstellung der Mischungsregel, damals bezogen auf Gewichtsgehalt für die spezifischen Volumina und die spezifischen Wärmen bei constantem Volumen, vorgegangen; das war aber notwendig, um zu erkennen, wie beim Fortschreiten zu der verwickelteren Grösse $\varkappa$ eine complicirtere „Mischungsregel" im erweiterten Sinne ableitbar ist. Auch hat sich bei Gelegenheit einer Bestimmungsreihe der spezifischen Wärmen von Legierungen durch Herrn Oskar Richter im hiesigen Institut herausgestellt, dass in

der früheren Literatur von anderen Autoren in der Bezugnahme der Mischungsregel auf Gewichtsgehalt oder auf Volumengehalt manchmal ziemlich kritiklos verfahren worden ist. Herr Oskar Richter wird in seiner demnächst erscheinenden Inauguraldissertation hierauf ausführlicher zurückkommen. Aus meinen elementaren Formeln in der ersten und in dieser zweiten Mitteilung ersieht man folgendes: Wenn für eine abgeleitete Physikalische Grösse überhaupt die Mischungsregel bezogen auf Gewichts- oder Volumgehalt gilt, so gilt sie in ersterer oder in zweiter Hinsicht je nachdem die betreffende Grösse definirt ist in einer Division durch Masse oder durch Volumen. So hat es z. B. bei Legierungen nur einen Sinn, Schmelzwärmen auf etwaige Erfüllung der Mischungsregel nach Gewichtsgehalt, Ausdehnungscoeffizienten aber nach Volumengehalt zu prüfen.

Von der Grösse $1:(\varkappa - 1)$ hatte ich in meiner ersten Mitteilung abgeleitet, dass sie eine lineare Funktion der Dichtigkeit ε eines Gasgemisches sein müsse. Oben sahen wir nun, dass ε lineare Funktion des durch 100 dividirten Volumprozentgehaltes φ'' des einen Bestandteiles ist; also trifft letzteres auch für $1:(\varkappa - 1)$ zu, oder es ist:

$$\frac{1}{\varkappa - 1} = \frac{1}{\varkappa' - 1} + \varphi'' \left(\frac{1}{\varkappa'' - 1} - \frac{1}{\varkappa' - 1} \right)$$

oder für $1:(\varkappa - 1)$ gilt die Mischungsregel bezogen auf Volumengehalt, also bei Einführung von $\varphi' = (1 - \varphi'')$ oder dem relativen Volumgehalt des ersten Bestandteiles:

$$\frac{1}{\varkappa - 1} = \frac{\varphi'}{\varkappa' - 1} + \frac{\varphi''}{\varkappa'' - 1}$$

Herr Julius Kapp hat zunächst auf meine Veranlassung die Richtigkeit dieser vorstehend in verschiedenen Formen ausgedrückten Beziehung zwischen dem Kappawert für ein Gemisch und den Einzelwerten für seine Bestandteile in zwei Versuchsreihen experimentell geprüft. Dabei mussten Gase gemischt werden, deren $\varkappa$-Werte sicher bekannt waren; als solche wurden gewählt einerseits für beide Versuchsreihen Kohlensäure ($\varkappa =$

1,2995 nach Lummer und Pringsheim, Wied. Ann. **64**, p. 581, 1898) andererseits bei der ersten Versuchsreihe Sauerstoff ($\varkappa = 1,3977$ nach denselben), bei der zweiten — günstiger wegen des noch höheren $\varkappa$-Wertes — Argon ($\varkappa = 1,6641$;[1]) s. O. Niemeyer, Inaug.-Dissertation, Halle a. S., 1902). Die angewandten physikalischen Methoden waren dieselben wie bei Herrn A. Jacobs: Bestimmung der Schallgeschwindigkeit mittels Kundtscher Staubfiguren, und zwar für sehr hohe Töne (vergl. F. A. Schulze, Wied. Ann. **67**, p. 27 und **68**, p. 99, 1899), was den Vorteil der Verwendbarkeit geringer Gasmengen bietet. Das Verfahren relativer und schnell wechselnder Messungen für die Versuchsmischung und ein Normalgas machte Herrn A. Jacobs wie Herrn J. Kapp unabhängig von Änderungen der Temperatur und des Luftdrucks [der Referent über die Dissertation des Herrn A. Jacobs für die Beiblätter zu den Annalen der Physik (**29**, p. 951, 1905) hat dies übersehen], da ja solche Änderungen die Schallgeschwindigkeit beider Gase, deren $\varkappa$-Werte verglichen wurden, in demselben Verhältnis beeinflussen. (Vergl. F. Kohlrausch, Lehrbuch p. 231, Formel 2, 1905). Dazu kommt noch eine Besonderheit in derjenigen Erregungsart der Schallschwingungen, welche zuerst Herr A. Jacobs auf meinen Rat benutzt hat. Als Tonerreger wurden nämlich kleine Pfeifen verwendet, wie ich sie bereits in meiner ersten Mitteilung beschrieben habe. Bereits Herr A. Jacobs fand bei ihrer Benutzung eine grosse Übereinstimmung der Wellenlänge in den Kundtschen Röhren bei wiederholten Messungen für ein und dasselbe Gas. Dies rührt davon her, dass die Wellenlänge des erregten Tones durch die geometrischen Dimensionen des Pfeifchens ein für allemal gegeben ist, und dass sich daher bei Temperaturschwankungen wohl die Tonhöhe, nicht aber die erzeugte Wellenlänge ändern kann. In Herrn J. Kapps demnächst erscheinender Inauguraldissertation wird dieser grosse Vorteil eingehend besprochen werden.

---

1) Umgerechnet auf den Lummer-Pringsheimschen Luftwert von $\varkappa$ (1,4025).

Als Resultat seiner Versuche findet Herr J. Kapp die von mir aufgestellte Beziehung: $1:(\varkappa - 1)$ lineare Funktion von ε oder vom Volumenprozentgehalt innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler bestätigt. Man könnte von vornherein denken, es handele sich überhaupt nur um so kleine Unterschiede, von $\varkappa$ mindestens $= 1{,}3$ bis höchstens $= 1{,}67$, dass man ebensogut innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler für $\varkappa$ selbst eine lineare Interpolation nach dem Volumen- oder nach dem Gewichtsprocentgehalt eines Gasgemisches vornehmen könnte. Die Messungen Herrn J. Kapps zeigen aber, dass dies durchaus nicht der Fall ist; dass vielmehr beim Versuch, sie in dieser Weise darzustellen, starke systematische Abweichungen ohne Weiteres in die Augen springen. Die Abwesenheit systematischer Abweichungen bei der Darstellung von $1:(\varkappa - 1)$ als lineare Funktion von ε wurde controllirt und fand sich bestätigt nach den von F. R. Helmert in seiner Abhandlung: „Über die Genauigkeit der Kriterien des Zufalls bei Beobachtungsreihen" gegebenen Regeln (Sitz.-Ber. Berl. Akad. 25. V. 1905, pag. 594 bis 612), welche Theorie in Herrn J. Kapp's Dissertation eine eingehende Besprechung findet.

Nachdem durch seine Versuche die Richtigkeit der Beziehung (s. oben Seite 129):

$$\frac{1}{\varkappa - 1} = \frac{\varphi'}{\varkappa' - 1} + \frac{\varphi''}{\varkappa'' - 1}$$

sich bestätigt hatte, ging Herr J. Kapp dazu über, die von mir in meiner ersten Mitteilung (diese Sitz.-Ber. l. c. pag. 59) in Aussicht genommene Berechnung des $\varkappa$-Wertes von Luft aus denen ihrer Bestandteile auszuführen. Die vorstehende Formel lässt sich sogleich erweitern für ein Gemisch dreier und beliebig vieler Gase. Das eine der beiden bisher betrachteten Gase sei selbst wieder ein Gemisch zweier anderer; dann gilt zunächst für letzteres Gemisch, welches seinerseits aus den Volumenbruchteilen φ_2'' und φ_3'' zusammengesetzt sei:

$$\frac{1}{\varkappa'' - 1} = \frac{\varphi_2''}{\varkappa_2 - 1} + \frac{\varphi_3''}{\varkappa_3 - 1}$$

und durch Einsetzen:

$$\frac{1}{\varkappa - 1} = \frac{\varphi'}{\varkappa' - 1} + \frac{\varphi'' \cdot \varphi_2''}{\varkappa_2 - 1} + \frac{\varphi'' \cdot \varphi_3''}{\varkappa_3 - 1}$$

Dann ist $\varphi'' \cdot \varphi_2''$ derjenige Volumbruchteil des ganzen ternären Gasgemisches, welcher auf das 2. Gas entfällt; und $\varphi'' \cdot \varphi_3''$ derselbe Bruchteil für den 3. Bestandteil, welche Bruchteile (gleich den durch 100 dividirten Volumenprozenten) wir mit φ_2 und φ_3 bezeichnen wollen. Dann ist zunächst:

$$\frac{1}{\varkappa - 1} = \frac{\varphi_1}{\varkappa_1 - 1} + \frac{\varphi_2}{\varkappa_2 - 1} + \frac{\varphi_3}{\varkappa_3 - 1}$$

und allgemein für ein Gasgemisch:

$$\frac{1}{\varkappa - 1} = \sum_a \frac{\varphi_a}{\varkappa_a - 1}.$$

Will man diese Formel auf die Luft anwenden, so sind zwar die $\varkappa$-Werte für $O_2 = 1{,}3977$, für $CO_2 = 1{,}2995$ und $Ar = 1{,}6641$ durch Lummer und Pringsheim bezw. Niemeyer sicher bestimmt. Für N_2 dagegen liegen nur alte Bestimmungen von Cazin und von Masson vor, welche bei kritischer Betrachtung gar nicht zu einem absoluten Resultate führen, sondern nur auszusagen erlauben, dass innerhalb ihrer Sicherheitsgrenzen N_2 denselben $\varkappa$-Wert habe, wie O_2 und Luft. Nimmt man daher zunächst einmal in Ermangelung einer experimentellen Bestimmung als $\varkappa$-Wert für Stickstoff den theoretischen 1,4 für zweiatomige Gase an, so erhält man aus obiger Formel für Luft den Wert $\varkappa = 1{,}4009$ statt des von Lummer und Pringsheim direkt gefundenen 1,4025, also eine Abweichung, grösser als die Unsicherheit letzterer experimentellen Bestimmung. Man wird daher vorläufig richtiger verfahren, aus den direkt bestimmten $\varkappa$-Werten von Luft, O_2, CO_2 und Ar den von N_2 vermöge unserer abgeleiteten Formel zu berechnen. Man erhält alsdann für Stickstoff:

$$\varkappa = 1{,}4021.$$

Bei dieser Sachlage erhält es ein besonderes Interesse, eine direkte experimentelle Bestimmung von Kappa für Stickstoff vorzunehmen; Herr E. Rohlf hat die Vorbereitungen dazu im Institut bereits in Angriff genommen.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 9 **November** **1906**

In der Sitzung der Gesellschaft vom 14. November sprach Herr F. Schenck:

Über die physiologischen Grundlagen des Farbensinns.

Das Tatsächliche, was bisher über die Abhängigkeit der Farbenempfindungen von den aufs Auge einwirkenden Lichtern und über die Formen der auf mangelhafte Entwicklung zurückzuführenden angeborenen Farbenblindheit bekannt geworden ist, lässt sich zusammenfassen in verhältnismässig wenige, einfache und klare Sätze, die zu der Vermutung berechtigen, dass auch die den Farbenempfindungen zu Grunde liegenden physiologischen Einrichtungen einfache Verhältnisse aufweisen, dass insbesondere die grosse Mannigfaltigkeit der Farbenempfindungen auf eine nur kleine Zahl von physiologischen Grundprocessen zurückzuführen ist. Man hat sich auch vielfach bemüht, Theorien aufzustellen, durch welche man das Zustandekommen der vielen Farbenempfindungen aus wenigen Grundprocessen begreiflich zu machen suchte, aber das Bemühen ist noch nicht zu befriedigendem Abschlusse gelangt. Zwei Theorien sind es hauptsächlich, die einander gegenüber stehen: die Young-Helmholtz'sche Theorie und die Hering'sche Theorie. Beide haben ihre unbestreitbaren Vorzüge, beiden haften aber auch Mängel an, und es ist trotz eines grossen Aufwandes an Fleiss und Mühe bisher nicht gelungen, diese Mängel zu beseitigen. Um weitere erfolglose Arbeit unnötig zu machen, dürfte deshalb der Versuch angebracht erscheinen, eine Theorie ausfindig zu

machen, die die Vorzüge jener beiden Theorien vereinigt ohne ihre Mängel mit zu übernehmen, und die durch neue Fragestellungen für die weitere Forschung als Wegweiser dienen könnte. Ich glaube eine solche Theorie gefunden zu haben und will über dieselbe hier kurz berichten.

Um meine Theorie verständlich zu machen, muss ich etwas weiter ausholen und zunächst auseinandersetzen, welche Erwägungen zu den beiden erwähnten Theorien geführt haben.

Die Gesammtzahl aller Farbenempfindungen ist eine recht erhebliche. Wir können wohl an Zweiundert verschiedene Farbentöne von einander unterscheiden, die zum Teil im Spektrum in den Übergängen von Rot durch Gelb und Grün zu Blau und Violett vertreten sind, zum Teil durch Mischung langwelligen und kurzwelligen Lichtes in Form der Übergänge von Rot durch Purpur zu Violett zu erhalten sind.

Liegen nun diesen vielen verschiedenartigen Farbenempfindungen ebenso viele verschieden geartete physiologische Vorgänge zu Grunde? Das ist unwahrscheinlich. Wir kommen auch aus mit der Annahme einiger weniger Grundprocesse, welche die vielen verschiedenen Empfindungen dadurch hervorrufen, dass sie an dem den Empfindungen zu Grunde liegenden Vorgang in verschiedenem Verhältnisse beteiligt sind.

Über die geringste Zahl von Grundprocessen, mit denen wir auskommen, geben die Gesetze der Farbenmischung Aufschluss. Es hat sich da gezeigt, dass wir alle die möglichen verschiedenen Farbenempfindungen hervorrufen können, wenn wir Mischungen dreier Lichter, etwa eines roten, eines grünen und eines blauen Lichtes, auf das Auge einwirken lassen. Dementsprechend können wir drei Grundprocesse annehmen, von denen der erste am stärksten durch rotes, der zweite am stärksten durch grünes, der dritte am stärksten durch blaues Licht ausgelöst würde, und von denen der erste allein für sich die Empfindung Rot, der zweite Grün, der dritte Blau hervorruft. Gleichzeitige, aber ungleich starke Erregung der Grundprocesse würde Mischempfindungen hervorrufen, welche die anderen möglichen Farben-

empfindungen bilden, gleichstarke Erregung aller drei Grundprocesse würde die Empfindung Weiss bewirken.

Das ist der Grundgedanke der Young-Helmholtz'schen Theorie, und diese Theorie reicht auch aus für die Erklärung dessen, was man vom vollständig entwickelten Farbensinn weiss.

Aber die Theorie reicht nicht ohne Weiteres aus für die Erklärung der angeborenen Farbenblindheit. Diese beruht auf einer mangelhaften Entwicklung der Apparate des Farbensinnes. Die einfachste Annahme, die auch meist gemacht ist, ist die, dass die Farbenblindheit auf dem Fehlen eines oder zweier der Grundprocesse der Young-Helmholtz'schen Theorie beruht. Fehlt einer der Grundprocesse, so ist das Farbenunterscheidungsvermögen noch nicht ganz aufgehoben, aber bedeutend eingeschränkt; wir hätten dann eine partielle Farbenblindheit vor uns, und theoretisch sind, je nachdem der Rotprocess oder der Grünprocess oder der Blauprocess fehlt, drei Fälle von partieller Farbenblindheit möglich. Fehlen zwei Grundprocesse, so bleibt bloss eine Art von Empfindung übrig, es können dann verschiedene Farben nicht mehr unterschieden werden; wir hätten dann das vor uns, was man gewöhnlich totale Farbenblindheit nennt.

Entsprechen nun diese theoretisch construirten Typen der Farbenblindheit den tatsächlich vorkommenden? Die Antwort lautet „Nein" aus folgendem Grunde:

Ein Auge, in dem der Rotprocess fehlt, würde noch Grün und Blau und auch alle Übergänge von Grün durch Grünblau zu Blau empfinden können, nicht aber Rot sowie die Übergänge von Rot durch Gelb zu Grün und von Rot durch Purpur und Violett zu Blau; ferner würde diesem Auge die Empfindung Weiss fehlen, die ja durch gleichstarkes Zussmmenwirken aller drei Grundprocesse zustande kommen soll. Und ein Auge, dem der Grünprocess fehlt, würde analog nur Rot und Blau und die Übergänge von Rot zu Blau, nicht aber Grün und die Übergänge von Grün zu Rot und zu Blau, und auch nicht Weiss empfinden können. Tatsächlich ist aber bei der Form der

partiellen Farbenblindheit, bei der die Rotempfindung fehlt, auch zugleich die Grünempfindung nicht vorhanden, und die Empfindungen, die in diesem Falle noch übrig sind, sind Blau, Gelb und Weiss. Man nennt diese Form der partiellen Farbenblindheit, weil bei ihr die Rot- und Grünempfindung fehlen, auch meist kurz Rot-Grün-Blindheit; es ist die am häufigsten vorkommende Form der partiellen Farbenblindheit.

Dass dem so ist, davon kann sich jeder, der ein normales Auge hat, selbst leicht überzeugen. Im normalen Auge ist nämlich nur der centrale Teil der Netzhaut mit dem vollständigen Farbensinn ausgestattet, die peripheren Teile der Netzhaut sind farbenblind. Die äusserste Netzhautzone ist total farbenblind, die daran nach innen angrenzende Zone ist partiell farbenblind, und zwar rot-grün-blind. Wenn man daher farbige Lichter von passender Grösse an passendem Orte zur Seite des Auges aufstellt, so dass durch den dioptrischen Apparat des Auges die Lichter auf der rot-grünblinden Netzhautzone abgebildet werden, so kann man wahrnehmen, dass nur drei Lichter, nämlich ein gewisses gelbes, ein gewisses blaues und ein weisses, mit dieser Zone betrachtet gerade so aussehen, wie mit dem Netzhautcentrum betrachtet. Alle anderen Lichter nimmt diese Zone anders wahr als das Netzhautcentrum, und zwar erscheinen die dem Gelb im Spektrum benachbarten Lichter alle mehr oder weniger gesättigt gelb, die dem Blau im Spektrum benachbarten Lichter erscheinen mehr oder weniger gesättigt Blau, und ein gewisses Purpurrot sowie ein gewisses leicht bläuliches Grün erscheinen dieser Zone überhaupt ganz farblos. Das Spektrum besteht also für diese Zone aus einem überall in demselben Farbenton, wenn auch an verschiedenen Stellen in verschiedener Sättigung, gelb aussehenden Teile und einem auch überall in demselben Farbenton, wenn auch in verschiedener Sättigung blau aussehenden Teile; zwischen beiden Teilen liegt eine farblos aussehende Stelle, und zwar da, wo vom Netzhautcentrum ein leicht bläuliches Grün gesehen wird. Die Rotgrünblindheit kommt übrigens in nicht seltenen Fällen

auch im Netzhautcentrum vor, sie ist da der Ausdruck einer mangelhaften Entwicklung des Farbensinnes.

Noch eine zweite, allerdings äusserst seltene Form der partiellen Farbenblindheit ist beobachtet worden, das ist die Blau-Gelb-Blindheit, bei der nur die Empfindungen Rot, Grün und Weiss vorhanden sind.

Die Erklärung der partiellen Farbenblindheit aus der Young-Helmholtz'schen Theorie in der vorhin vorgebrachten Weise stösst auf grosse Schwierigkeiten, weil das tatsächlich Beobachtete nicht dem, was zu erwarten war, entspricht. Die Schwierigkeiten hat man zwar zu umgehen gesucht durch die Annahme, dass bei mangelhafter Entwicklung der physiologischen Einrichtungen auch die psychologischen Vorgänge, d. s. die den physiologischen Process begleitenden in den Empfindungen erkennbaren Bewusstseinsphänomene von anderer Art, als in der Norm sein könnten, aber dass eine solche eigens nur zur Erklärung der Farbenblindheit gemachte, sonst nicht zu begründende Annahme wenig befriedigend ist, liegt auf der Hand.

Entsprechendes gilt für die totale Farbenblindheit. Hier sollte man bei der Annahme des Fehlens zweier Grundprocesse erwarten, dass entweder nur die Rot- oder nur die Grün- oder nur die Blauempfindung vorhanden wäre. Tatsächlich fehlt da aber jede Farbenempfindung, es ist nur die Empfindung Weiss resp. Grau vorhanden. Davon kann sich auch jeder Normale mit Hülfe seiner total farbenblinden äussersten Netzhautzone überzeugen. Mit dieser Zone betrachtet sehen alle Lichter farblos aus.

Für die Hering'sche Theorie scheinen auf den ersten Blick die Schwierigkeiten der Erklärung der Farbenblindheit nicht zu bestehen. Hering nimmt nämlich für die Farbenempfindungen vier Grundprocesse an, je einen für die Rot-, die Grün-, die Gelb- und die Blauempfindung. Ausserdem nimmt er noch besondere Grundprocesse für die farblosen Empfindungen, Weiss und Schwarz, an. Fehlt nun der Rotprocess und der Grünprocess, so ergiebt sich Rot-Grünblindheit, fehlt der Blauprocess

und der Gelbprocess, so ergiebt sich Blau-Gelb-Blindheit, fehlen alle vier Grundprocesse für die Farbenempfindungen, so ergiebt sich totale Farbenblindheit.

Dass bei der Farbenblindheit die Grundprocesse immer in der angegebenen Art paarweise fehlen — der Rot- und der Grünprocess immer zusammen, und auch der Blau- und der Gelbprocess immer zusammen, wird darauf zurückgeführt, dass jedes Paar so zusammengehöriger Grundprocesse sich in je einem Gebilde oder, wie wir zu sagen pflegen, in je einer Sehsubstanz abspielen. Wir hätten somit für den Rot- und Grünprocess nur *eine* Rot-Grün-Sehsubstanz, deren Fehlen Rot-Grün-Blindheit bedingt, und wir hätten für den Blau- und den Gelbprocess nur *eine* Blau-Gelb-Sehsubstanz, deren Fehlen Blau-Gelb-Blindheit bedingt. Die beiden Grundprocesse, die in ein und derselben Sehsubstanz sich abspielen, sollen von entgegengesetzter Art sein, so dass sie sich hinsichtlich des Zustandekommens der zugehörigen Farbenempfindung gegenseitig hemmen. Halten die beiden Grundprocesse sich gegenseitig das Gleichgewicht, so bleiben daher die Farbenempfindungen aus, überwiegt einer über den anderen, so kommt die dem überwiegenden Grundprocess zugehörige Farbenempfindung zustande. In entsprechender Weise soll auch die Weiss-Schwarz-Sehsubstanz zweier Grundprocesse fähig sein.

Bei oberflächlicher Betrachtung scheint, wie gesagt, die Hering'sche Theorie den Tatsachen der Farbenblindheit vollständig gerecht zu werden. Aber abgesehen von gewissen Schwierigkeiten, die sich der speziellen Ausgestaltung dieser Theorie entgegenstellen, kommt sie doch auch nicht einmal mit der Farbenblindheit zurecht. Bei der Rot-Grün-Blindheit liegen die Verhältnisse nämlich nicht so einfach, wie nach dem vorhin Gesagten scheinen könnte. Wie v. Kries durch sorgfältige Untersuchungen sicher festgestellt hat, giebt es nämlich zwei scharf von einander zu sondernde Typen von Rot-Grün-Blindheit — und das kann die Hering'sche Theorie nicht ohne Weiteres erklären.

Die beiden Arten von Rot-Grün-Blindheit, die mit den Namen Protanopie und Deuteranopie bezeichnet werden, unterscheiden sich hauptsächlich dadurch, dass beim Protanopen eine auffallend geringe Empfindlichkeit gegen sehr langwelliges Licht besteht, während der Deuteranop etwa dieselbe Empfindlichkeit gegen solches Licht hat, wie der Normale. Das äussert sich darin, dass für den Protanopen rotes Licht ganz dunkel ist; wir pflegen zu sagen, das rote Ende des Spektrums erscheint dem Protanopen verkürzt. Gegen die Lichter, deren Wellenlänge zwischen 600 und 500 $\mu\mu$ liegen, ist dagegen der Protanop relativ empfindlicher als der Deuteranop. Ferner liegt die neutrale Stelle im Spektrum für den Protanopen durchschnittlich bei einem Lichte von etwas kleinerer Wellenlänge, als für den Deuteranop.

Zur Deuteranopie gehört auch die Rot-Grün-Blindheit in der Netzhautperipherie des normalen Auges.

Für die Erklärung dieser Tatsachen versagt die Hering'sche Theorie. Übrigens sei hier schon kurz bemerkt, dass es auch verschiedene Typen der totalen Farbenblindheit giebt, über die die Hering'sche Theorie auch keine Rechenschaft zu geben vermag; ich komme darauf nachher zurück.

Wenn also die von der Young-Helmholtz'schen und Hering'schen Theorie gegebenen Erklärungen der Farbenblindheit nicht zureichen, so werden wir eine andere Erklärung suchen müssen. Wir wollen dabei ausgehen von der Young-Helmholtz'schen Theorie, die ja für die Erklärung des normalen Farbensinnes des Netzhautcentrums die einfachste ist, und zusehen, wie wir uns die Grundprocesse geändert denken müssen, damit eine bestimmte Form der partiellen Farbenblindheit, nämlich die auch im normalen Auge vorhandene Deuteranopie, resultirt. Bei der Deuteranopie fehlt die Rot- und Grünempfindung, es ist aber die Gelbempfindung vorhanden. Welche Beziehungen bestehen zwischen diesen Empfindungen? Nun die Gelbempfindung ist die Mischung der Rot- und Grünempfindung; die Gelbempfindung tritt nach der Young-Helmholtz'schen Theorie auf, wenn der Rotprocess

und der Grünprocess gleichzeitig gleichstark hervorgerufen werden. Also unter der Annahme, dass der Rotprocess und der Grünprocess immer gleichstark erregt werden, oder mit anderen Worten, dass die Rotsehsubstanz und die Grünsehsubstanz gleiche Erregbarkeit besitzen, einerlei von welcher Art das einwirkende Licht ist, können wir die Rotgrünblindheit erklären. Denn dass ausser der Gelbempfindung dann noch die Blauempfindung, und dass durch Mischung von Gelb und Blau auch noch die Weissempfindung möglich ist, folgt ohne weitere Zusätze aus der Theorie.

Derselbe Gedankengang führt aber noch zu anderen Formen von partieller Farbenblindheit. Nehmen wir eine Übereinstimmung der Erregbarkeit der Grünsehsubstanz und der Blausehsubstanz an, so erhalten wir das, was als Blaugelbblindheit zu bezeichnen wäre, denn es bleiben dann die Empfindungen Rot, Weiss und Grünblau übrig. Und die Übereinstimmung der Erregbarkeit der Rotsehsubstanz und der Blausehsubstanz führt — so scheint es wenigstens auf den ersten Blick — zur Protanopie.

Und schliesslich kommen wir auch so zur totalen Farbenblindheit. Wir müssen nämlich hierfür nur annehmen, dass alle drei Sehsubstanzen gleiche Erregbarkeit besitzen. Dann werden Rot-, Grün- und Blauprocess alle drei immer gleichstark erregt, es kann nur die Weissempfindung zu stande kommen.

Der hier entwickelte Gedankengang ist nicht neu; er ist schon vor langer Zeit von Adolf Fick ausgesprochen worden. Aber die Fick'sche Theorie der Farbenblindheit hat wenig Anklang gefunden und ist kaum beachtet worden. Dies liegt, wie mir scheint, hauptsächlich daran, dass Fick in seinen kurzen Veröffentlichungen nicht versucht hatte, seine Theorie entwicklungsgeschichtlich begreiflich und wahrscheinlich zu machen, und insbesondere auch nicht Aufschluss darüber verschafft hatte, warum gerade die scharf von einander zu scheidenden Typen der Farbenblindheit ohne Übergangsformen auftreten. Übrigens vermag die Fick'sche Theorie auch nicht alle Typen von Farbenblindheit ohne Umgestaltungen und Ergänzungen zu erklären,

z. B. doch nicht die Protanopie und auch nicht einige Formen der totalen Farbenblindheit.

Um den Grundgedanken der Fick'schen Theorie fruchtbar zu machen, bedarf er also einiger Ergänzungen. Ich glaube einen Weg der Umgestaltung der Fick'schen Theorie gefunden zu haben, auf dem man allen Anforderungen gerecht wird, und ich will hierüber berichten. Hierin liegt das eigentlich Neue des Inhaltes meiner Abhandlung.

Wenn wir uns zunächst der Frage zuwenden, in welcher Weise der Grundgedanke der Fick'schen Theorie entwicklungsgeschichtlich verständlich zu machen ist, so gehen wir aus von dem Satze, dass die normalen Farbenblindheiten der Netzhautperipherie frühe Entwicklungsstufen in der normalen Entwicklung des Farbensinnes darstellen. Dieser Satz dürfte wohl kaum auf Widerspruch stossen, weil auch andere Tatsachen, z. B. die Verschiedenheiten der Sehschärfe darauf hinweisen, dass die Netzhautmitte in der Entwicklung am weitesten vorgeschritten ist. Wir haben also zu folgern, dass bei der normalen Ausbildung des vollständigen Farbensinnes, d. i. des Rot-, Grün- und Blausinnes im Sinne der Young-Helmholtz'schen Theorie, zwei Entwicklungsstadien durchlaufen werden, ein früheres, in dem bloss der Weisssinn, und ein mittleres, in welchem dazu noch der Gelbsinn und der Blausinn aber noch nicht der Rot- und Grünsinn existieren. Gehen wir also vom vollständig entwickelten Farbensinn nach rückwärts, so treffen wir auf ein Stadium, in dem zwar der Blausinn schon fertig ist, in welchem aber das, was später den Rotsinn und den Grünsinn ausmacht, noch im Gelbsinn vereinigt ist. Nach Fick soll dieses Entwicklungsstadium darauf beruhen, dass der Rotsinn und der Grünsinn immer gleichstark, also nicht unabhängig von einander erregt werden. Wie können wir uns dies nun in einfachster Weise vorstellen? Die einfachste Annahme würde offenbar die sein, dass das, was später in Rotsehsubstanz und Grünsehsubstanz getrennt vorhanden

ist, auf der mittleren Entwicklungsstufe fest vereinigt und physiologisch verknüpft ist in einer Sehsubstanz, welche zwar die Anlagen der späteren Rotsehsubstanz und Grünsehsubstanz schon in sich enthalten mag, welche aber immer im Ganzen erregt wird, und welche bei ihrer Erregung die Gelbempfindung liefert. Durch Teilung der ursprünglich einheitlichen Gelbsehsubstanz in zwei functionell verschiedene Teile würde dann die Rotsehsubstanz und die Grünsehsubstanz entstehen.

Zur Vervollständigung des Gesagten sei noch bemerkt, dass die Rotsehsubstanz und die Grünsehsubstanz zusammen, auch wenn sie schon von einander getrennt sind, doch insofern die Eigenschaft ihrer Muttersubstanz behalten, als sie, wenn gleichzeitig und gleichstark erregt, die Empfindung der Muttersubstanz, d. i. Gelb als Mischempfindung liefern.

Der Annahme einer solchen Teilung stehen Bedenken, die sich auf entwicklungsbiologische Erwägungen gründen würden, nicht nur nicht entgegen, sondern diese Annahme hat sogar grosse Wahrscheinlichkeit für sich, wenn man berücksichtigt, das auch andere Vorgänge bekannt sind, bei denen durch Teilung verbunden mit Differenzierung aus ursprünglichen morphologischen oder physiologischen Einheiten mehrere differente Gebilde entstehen. Ich erinnere betreffs dessen an die allbekannten morphologischen Erscheinungen der Zellteilung und Zelldifferenzierung; diesen Teilungen analog würde die Teilung der Gelbsehsubstanz in die Rotsehsubstanz und Grünsehsubstanz sein.

Ja es will mir scheinen, die Annahme, dass die Rot- und Grünsehsubstanz durch Teilung aus einer Gelbsehsubstanz entstehen, entspräche sogar besser unseren entwicklungsgeschichtlichen Grundanschauungen als etwa eine Annahme, dass bei dem Übergang aus dem mittleren Entwicklungsstadium in das endgültige die Rot- und Grünsehsubstanz zu den schon vorhandenen Sehsubstanzen neu hinzukommen. Wenn man die bekannten entwicklungsgeschichtlichen Sätze „omnis cellula e cellula“ und „omnis nucleus e nucleo“ tiefer fasst und verallgemeinert, so ergiebt sich ja gerade die auch in der vorgebrachten Auffassung zum Ausdruck

kommende Anschauung, dass die in einem späteren Stadium auftretenden Gebilde in der Anlage schon bei den früheren Gebilden vorhanden sein müssen. [1])

Von der ursprünglichen Fick'schen Auffassung weicht nun allerdings die hier vorgetragene Lehre nicht unerheblich ab. Fick nahm die Rotsehsubstanz und die Grünsehsubstanz bei der Rotgrünblindheit als gesondert bestehend an und schrieb ihnen nur gleiche Erregbarkeit zu, wir erkennen das getrennte Bestehen dieser Substanzen nicht an, sondern sprechen nur noch von einer Gelbsehsubstanz. Aber der Grundgedanke der Fick'schen Theorie ist doch bei unserer Lehre vorhanden insofern, als auch für die Fick'sche Theorie hinsichtlich der zustande kommenden Empfindungen bei der Rot-Grün-Blindheit eine Sonderung des Rotsinnes und des Grünsinnes tatsächlich nicht existiert, sondern nur ein Gelbsinn ins Spiel tritt.

Besonders hervorzuheben ist aber, dass hinsichtlich der Erklärung der Rot-Grünblindheit unsere Theorie auch den eigentlichen Grundgedanken der Hering'schen Theorie enthält. Hering nimmt, gerade so wie wir, von den Farbensinnen nur das Bestehen eines Gelbsinnes und eines Blausinnes bei der Rot-Grün-Blindheit an. Dass wir den Gelbprozess und den Blauprozess in zwei verschiedenen Sehsubstanzen sich abspielen und die beiden Prozesse zusammen Weissempfindung geben lassen, während Hering die beiden Prozesse einer und derselben Substanz zuschreibt und

1) Übrigens sei hier eingeschaltet, dass eine Sehsubstanz zusammengesetzt sein muss aus drei Gebilden, nämlich der peripher gelegenen lichtempfindlichen Substanz, der zugehörigen erregungsleitenden Nervenfaser und der zugehörigen Zelle im Zentralnervensystem, in der die Empfindung zustande kommt. Ob die von uns angenommenen Teilungsvorgänge nur in dem peripheren Gebilde oder auch in dem nervösen Apparate sich abspielen, muss dahin gestellt bleiben. Möglich wäre es, dass die Teilung sich nicht auf den nervösen Apparat erstreckt, da in ein und derselben Nervenfaser, resp. Nervenzelle Erregungen möglich sind, die in irgend einer Weise, z. B. hinsichtlich des Rhythmus ihres Verlaufes verschieden sein könnten, und die dementsprechend auch verschiedene Empfindungen hervorrufen könnten. Die verschiedenen Empfindungen einer Nervenzelle können also auf Verschiedenheiten der zugehörigen peripheren Organe allein beruhen.

für die Weissempfindung noch eine besondere Sehsubstanz annimmt, ist für den Grundgedanken bei der Erklärung der Rot-Grün-Blindheit von untergeordneter Bedeutung.

Warum giebt es nun keine Übergänge zwischen der Rot-Grün-Blindheit und dem vollständig ausgebildeten Farbensinn? Die Antwort ist leicht: entweder besteht noch die Verbindung zwischen Rot- und Grünsehsubstanz, dann besteht auch noch der Gelbsinn allein, oder die Verbindung ist getrennt, dann ist der Rotsinn und der Grünsinn fertig. Übergänge brauchen da also gar nicht zu existieren.

Wie bei dem Übergang von der mittleren Entwicklungsstufe zu der endgültigen die Teilung der Gelbsehsubstanz in die Rot- und Grünsehsubstanz erfolgt, so soll in genau entsprechender Weise auch bei dem Übergang aus der frühen Entwicklungsstufe in die mittlere eine Teilung erfolgen, bei welcher aus einer ursprünglichen Weisssehsubstanz die Gelb- und die Blausehsubstanz, die wir auf der mittleren Entwicklungsstufe treffen, sich bilden. Unter Bezugnahme auf das über die Teilung des Gelbsinnes Gesagte brauche ich mich in eine eingehende Erörterung der Teilung des Weisssinnes nicht mehr einzulassen, und hebe nur besonders hervor, dass wir also die totale Farbenblindheit der Netzhautperipherie darauf zurückführen, dass hier nur eine Weisssehsubstanz vorhanden ist. Wir geben also hier wieder die Erklärung, die in ihrem Grundgedanken mit Herings's Theorie übereinstimmt. Dass Hering seiner Weisssehsubstanz auch noch einen die Schwarzempfindung vermittelnden Prozess zuschreibt, ist von nebensächlicher Bedeutung.

Wir können also die drei Entwicklungsstufen: totale Farbenblindheit der Netzhautperipherie, Deuteranopie und vollständig entwickelten Farbensinn, sowie die Beziehungen der Entwicklungsstufen zu einander durch eine ganz auf dem Boden unserer entwicklungsbiologischen Grundanschauungen stehende Theorie erklären, welche annimmt, dass zuerst aus dem ursprünglich vorhandenen Weisssinn durch Aufteilung sich der Blau- und der Gelbsinn bilden, und dass dann aus dem Gelbsinn der Rot-

und Grünsinn entstehen; den bei jeder der Teilungen entstehenden beiden Teilen zusammen kommt aber noch der Charakter des Sinnes zu, aus dem sie entstanden sind.

Nun müssen wir uns aber noch mit den anderen Arten von Farbenblindheit abfinden. Wenden wir uns zunächst zu der anderen Art der Rot-Grün-Blindheit, der Protanopie.

Nach dem vorhin Gesagten würde die Protanopie im Sinne der Fick'schen Theorie auf einer Übereinstimmung der Erregbarkeit der Rot- und der Blausehsubstanz beruhen. (Der dritte mögliche Fall: Übereinstimmung der Erregbarkeit der Grün- und Blausehsubstanz giebt die Blau-Gelb-Blindheit). Im Sinne unserer Auffassung müssten wir für die Protanopie eine abnorme Teilung annehmen, bei welcher der ursprüngliche Weisssinn sich zunächst aufteilt in einen Grünsinn und einen die Empfindung des Purpur vermittelnden Sinn; auf dieser Entwicklungsstufe würde dann die Netzhaut stehen bleiben. Bei oberflächlicher Betrachtung scheint diese Auffassung auch zulässig zu sein, eingehende Erwägungen führen aber zu allerlei Schwierigkeiten.

Zunächst erscheint es schon bedenklich, bei einem Individuum, das rot-grün-blind ist, das Vorhandensein der Empfindungen Grün und Purpur anzunehmen. Auch liegt die neutrale Stelle im Spektrum des Protanopen an einem anderen Orte, als nach der erwähnten Auffassung zu erwarten ist. Wir sollten nämlich erwarten, dass diese Stelle in der Mitte des Überganges von Grün durch Grünblau, Blau und Violett zu dem an das Violett anschliessend gedachten Purpur liegt; sie würde also nahe dem Blau zu liegen kommen. Tatsächlich liegt sie aber dem Grün näher. Auch wäre zu erwarten, dass diese neutrale Stelle ziemlich weit gegen das kurzwellige Ende des Spektrums hin entfernt von der Stelle liegt, die der Deuteranop neutral sieht. Tatsächlich liegen durchschnittlich die neutralen Stellen für die beiden Fälle so wenig weit von einander entfernt, dass die Unterschiede der Lage durch individuelle Abweichungen vom Mittel oft ganz verdeckt werden.

Was aber hauptsächlich gegen die in Rede stehende Erklärung der Protanopie vorzubringen ist, und was auch zugleich den Weg weist, auf dem wir zu einer den Tatsachen besser entsprechenden Erklärung der Protanopie gelangen, das ist der Unterschied der Helligkeitsverteilung im Spektrum bei der Deuteranopie und der Protanopie.

Die Farben des Spektrums erscheinen uns verschieden hell. Für den normalen vollständig entwickelten Farbensinn liegt die hellste Stelle im Gelbgrün; von da nach beiden Seiten gegen die Enden hin nimmt die Helligkeit ab. Die gleiche Helligkeitsverteilung findet sich auch bei der Deuteranopie und bei der totalen Farbenblindheit der Netzhautperipherie. Worauf ist diese Übereinstimmung unserer Theorie nach zurückzuführen?

Das, was wir bei einer Lichtempfindung die Helligkeit nennen, wollen wir ansehen als abhängig von der Gesamtsumme der Intensitäten der einzelnen Erregungsprozesse, die der Empfindung zu Grunde liegen. Wenn wir also in den erwähnten drei Fällen Übereinstimmung der Helligkeitsverteilung im Spektrum finden, so ist zu folgern, dass in allen drei Fällen gleiche Abhängigkeit der Summe der Erregungen von der Wellenlänge des Lichtes besteht. Wie das im Sinne unserer Theorie zu verstehen ist, muss noch an einzelnen Beispielen erläutert werden. Ein Licht von einer bestimmten Wellenlänge, welches beim vollständig entwickelten Farbensinn etwa eine starke Erregung des Rotprozesses und eine schwache des Grünprozesses hervorruft, muss bei Deuteranopie eine Erregung des Gelbprozesses bewirken von solcher Grösse, das diese gleich der Summe jener Erregungen des Rot- und des Grünprozesses bei vollständig entwickelten Farbensinn ist. Oder: ein Licht von einer bestimmten Wellenlänge, das beim vollständig entwickelten Farbensinn sowohl den Rot-, als den Grün-, als den Blauprozess hervorruft, aber in verschiedener Stärke, muss in der total farbenblinden Netzhautzone eine Erregung des Weissprozesses hervorrufen von solcher Grösse, dass diese gleich der Summe jener Erregungen des Rot-, Grün- und Blauprozesses bei vollständig entwickeltem Farbensinn sind.

Eine solche Auffassung, die übrigens auch schon in der alten Fick'schen Theorie steckt, ist bei unserer Theorie nicht nur nicht bedenklich, sondern sie erscheint sogar recht annehmbar, wenn man berücksichtigt, dass jeweils in der Muttersubstanz die Tochtersubstanzen zusammen enthalten sind.

Vielleicht ist es von Vorteil, das Gesagte noch durch einen Vergleich zu veranschaulichen. Ich will die drei Sehsubstanzen vergleichen mit drei nebeneinanderstehenden Kugeln. Jede der drei Kugeln möge nun durch einen Stoss in Bewegung gesetzt werden, die drei Stösse seien aber verschieden stark. Die verschiedene Stärke der Stösse entspricht der Verschiedenheit der Reizwerte, welche ein Licht für die drei Sehsubstanzen hat. Jede Kugel erhält durch den Stoss eine gewisse Bewegungsenergie. Es ist nun klar, dass die Summe der Energien gleich ist der Energie, die die drei Kugeln zusammen durch die Stösse erhalten würden, wenn die Kugeln vor dem Anstossen fest, unbeweglich gegeneinander zusammengebunden würden. Die Bewegungsenergie der Kugeln entspricht aber dem, was bei den Sehsubstanzen Erregungsgrösse ist.

Für unsere weiteren Betrachtungen folgt, dass die von uns bei der Entwicklung des Farbensinnes angenommen Teilungsvorgänge sich so vollziehen, dass die Abhängigkeit der Gesamterregung von der Wellenlänge unverändert bleibt. Wir hätten demnach auch bei Protanopie dieselbe Helligkeitsverteilung im Spektrum, wie beim voll entwickelten Farbensinn zu erwarten, falls wir die Protanopie auch nur auf eine mangelhafte Teilung der Sehsubstanzen zurückführen wollten. Tatsächlich ist die Helligkeitsverteilung beim Protanopen aber eine andere — und daraus folgt, dass wir ausser einer mangelhaften Teilung noch ein anderes Erklärungsprinzip zu Hülfe ziehen müssen.[1])

1) Übrigens muss, soweit ich ersehe, aus den erwähnten Verschiedenheiten der Helligkeitsverteilung ganz allgemein, unabhängig von irgend einer speciellen Theorie, der Schluss gezogen werden, dass die Protanopie und die Deuteranopie auf Entwicklungsstörungen von grundsätzlich verschiedener Art beruhen.

Der Protanop ist gegen sehr langwellige Lichter unempfindlich, er sieht das rote Ende des Spektrums überhaupt nicht Auch liegt für ihn die hellste Stelle im Spektrum dem Grün näher, als für den Deuteranopen.

Wodurch könnten wir die Unterschiede zwischen dem Protanopen und dem Deuteranopen erklärlich machen? Beide sind rot-grün-blind; nehmen wir daher für beide das Vorhandensein nur der Gelb- und der Blausehsubstanz an. Welche Eigenschaften müssten diesen Substanzen zugeschrieben werden, um die Unterempfindlichkeit des Protanopen gegen sehr langwellige Lichter begreiflich zu machen? Nun die Blausehsubstanz kommt für die Erregung durch langwelliges Licht kaum in Betracht, sie darf in beiden Fällen als von gleicher Beschaffenheit angenommen werden. Aber die Erregbarkeit der Gelbsehsubstanz muss verschieden sein; sie muss beim Protanopen für sehr langwelliges Licht viel geringere Empfindlichkeit besitzen, als beim Deuteranopen.

Mit dieser Annahme kommen wir zur Erklärung des Unterschiedes der Protanopie und Deuteranopie vollständig aus; es erübrigt aber noch auseinanderzusetzen, wie diese Annahme entwicklungsgeschichtlich verständlich zu machen ist.

Wir vermögen dies, wenn wir jetzt noch eine bisher nicht besprochene Form der totalen Farbenblindheit mit berücksichtigen, und zwar die totale Farbenblindheit, die sich auf der äussersten Netzhautzone gerade des Protanopen zeigt.

Der Protanop ist nämlich auf der äussersten Netzhautzone auch total farbenblind, aber die hier vorkommende totale Farbenblindheit unterscheidet sich in charakteristischer Weise von der totalen Farbenblindheit der Netzhautperipherie des normalen und des deuteranopischen Auges. Es besteht für die total farbenblinde Zone nämlich derselbe Unterschied der Helligkeitsverteilung im Spektrum, wie er auch für die centralen Netzhautteile beim Protanopen einerseits, beim Normalen und beim Deuteranopen andererseits vorhanden ist. Die äusserste Netzhautzone des Protanopen ist also auch unterempfindlich gegen sehr lang-

welliges Licht; die hier vorkommende Weisssehsubstanz müsste also geradeso von der Weisssehsubstanz des normalen und deuteranopischen Auges verschieden sein, wie auch die Gelbsehsubstanz des Protanopen von der des deuteranopischen Auges verschieden sein muss. Wir müssen also zwei Arten von Weisssehsubstanzen annehmen: eine gegen sehr langwelliges Licht wenig empfindliche in der Netzhautperipherie des Protanopen vorkommende, und eine gegen langwelliges Licht empfindlichere, in der Netzhautperipherie des Normalen und des Deuteranopen vorkommende Weisssehsubstanz. Bei der Teilung der Weisssubstanzen würden die den Unterschied bedingenden Eigentümlichkeiten an dem einen der entstehenden Teile, der Gelbsehsubstanz haften bleiben.

Welche entwicklungsgeschichtlichen Beziehungen bestehen nun zwischen diesen beiden Arten von Weisssehsubstanzen? Wir werden wohl annehmen müssen, dass diese Substanzen beide von ein und derselben Ursehsubstanz abstammen, aus der sie sich durch Differenzierung entwickelt haben. Das am weitesten vorgerückte Stadium der Differenzierung dürfte die Weisssehsubstanz des normalen Auges darstellen, weil aus dieser sich der weitere vollständige Farbensinn entwickelt. Die Weisssehsubstanz des Protanopen steht der Ursehsubstanz also wohl noch näher; die Differenzierung der Ursehsubstanz wird demnach darin bestanden haben, dass eine ursprünglich durch langwelliges Licht wenig erregbare Substanz eine grössere Empfindlichkeit für dieses Licht annahm.

Der Annahme einer solchen Differenzierung stehen Bedenken prinzipieller Art nicht entgegen. Die photographische Technik macht uns ja mit solchen Vorgängen bekannt. Die gewöhnliche photographische Platte ist auch, wie unsere Ursehsubstanz, für rotes Licht unempfindlich; um sie für rotes Licht empfindlich zu machen, oder um sie, wie der Photograph sagt, panchromatisch zu machen, wird sie mit einem Sensibilisator für rotes Licht versehen. In Anlehnung an die photographische Nomenklatur können wir den von uns angenommenen Vorgang der Differen-

zierung der Ursubstanz demnach als Panchromatisation bezeichnen. Diese Panchromatisation besteht vielleicht auch darin, dass sich in der Ursehsubstanz ein Sensibilisator für rotes Licht entwickelt.

Die vollständige Panchromatisation geht in der Regel der ersten Teilung der Weisssehsubstanz voraus, indess sind die beiden Vorgänge in ihrer zeitlichen Folge doch bis zu einem gewissen Grade unabhängig von einander. Es kann daher der erste Teilungsvorgang schon statt haben, ohne dass die Panchromatisation vorausgegangen ist, und wenn dies der Fall ist, dann entsteht gerade die Protanopie.

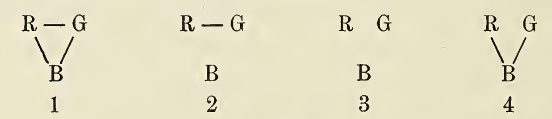
Für die Hypothese der Panchromatisation lassen sich noch andere Wahrscheinlichkeitsgründe anführen. Es kommt nämlich in gewissen Teilen auch der normalen Netzhaut eine Weisssehsubstanz vor, die ähnliche Eigenschaften hat, wie die von uns angenommene Ursehsubstanz, und die Teile, in welchen jene Weisssehsubstanz vorkommt, sind gerade diejenigen, die auf einer niedrigen Entwicklungsstufe stehen. Die lichtempfindliche Schicht der Netzhaut ist zusammengesetzt aus anatomisch unterscheidbaren Gebilden, den Zapfen und den Stäbchen. Es ist nun durch v. Kries gezeigt worden, dass den Zapfen und Stäbchen verschiedene Funktionen zukommen. Die Zapfen stellen den Apparat dar, mit dem wir vorwiegend im hellen Tageslicht sehen, die Stäbchen dienen dagegen zur Beobachtung schwacher Lichter in der Dämmerung. Alles was ich bisher über Farbenempfindung und Farbenblindheit gesagt habe, bezieht sich auf das Sehen im Hellen, trifft also für das Sehen mit den Zapfen zu. Die Zapfen sind demnach, wenigstens im Netzhautcentrum des normalen Auges mit dem vollständig entwickelten Farbensinn ausgerüstet, sie stehen also auf der höchsten Entwicklungsstufe. Die Stäbchen erreichen diese hohe Entwicklungsstufe nie, sie sind total farbenblind. Wir erkennen nämlich bei der Beobachtung schwacher Lichter in der Dämmerung überhaupt keine Farben, sondern nur ein mehr oder weniger helles Grau.

Über die Abhängigkeit der Erregung der Stäbchensehsubstanz von der Wellenlänge kann man sich leicht orientiren, wenn man ein lichtschwaches Spektrum in der Dämmerung beobachtet. Man kann dann feststellen, dass die langwelligen Lichter, Rot und Orange, überhaupt nicht gesehen werden, und dass die hellste Stelle im Spektrum etwa da liegt, wo im Hellen das Blau gesehen wird. Von der Zapfen-Weisssehsubstanz in der Peripherie der normalen Netzhaut ist also die Stäbchen Weisssehsubstanz in demselben Sinne verschieden, wie auch die Zapfen-Weisssehsubstanz der Peripherie der protanopischen Netzhaut. Wenn also in den auf niedriger Entwicklungsstufe stehenden Stäbchen eine gegen langwelliges Licht unempfindliche Weisssehsubstanz vorhanden ist, und wenn weiter die Annahme nicht von der Hand zu weisen ist, dass auch diese Substanz einer ursprünglich für Stäbchen und Zapfen gleichartigen Ursehsubstanz entstammt, so haben wir einen gewichtigen Grund mehr für die Annahme, dass die Weisssehsubstanz in der Peripherie der normalen Netzhaut durch Panchromatisation aus der Ursehsubstanz hervorgegangen ist.

Da übrigens die Stäbchensehsubstanz für gelb-grünes Licht sogar weniger empfindlich ist, als die protanopische Zapfen-Weisssehsubstanz, so müsste angenommen werden, dass die Panchromatisation in zwei Stufen erfolgt: die mit der Stäbchensehsubstanz übereinstimmende Ursehsubstanz, die hauptsächlich für blaugrünes Licht empfindlich ist, wird zuerst für grünes und gelbes Licht empfindlicher; so entsteht zunächst eine Sehsubstanz von der Art der protanopischen Zapfen-Weisssehsubstanz, und diese würde dann für rotes Licht sensibilisirt.

Es bleibt jetzt noch die Erörterung der Frage übrig, wie die Blau-Gelb-Blindheit im Sinne unserer Theorie zu erklären ist. Man kommt da wohl mit der Annahme aus, dass der Teilungsvorgang der Weisssehsubstanz einen abnormen Verlauf genommen hat, und zwar dass diese Substanz sich aufgeteilt hat in eine Rotsehsubstanz und eine zweite Sehsubstanz, welche die

spätere Grün- und Blausubstanz noch vereinigt enthält, und dass die Netzhaut auf dieser Entwicklungsstufe stehen geblieben ist. Aber vielleicht liegen die Verhältnisse doch noch complicirter. Von der Blau-Gelb-Blindheit, die äusserst selten vorkommt, ist bisher nur ein einziger Fall exact untersucht worden, und da hat sich gezeigt, dass nicht bloss Blau-Gelb-Blindheit vorhanden war sondern auch eine gewisse Schwäche des Rotsinnes und des Grünsinnes, so dass dieser Fall eine Annäherung an die totale Farbenblindheit darstellt. Wenn das die Regel sein sollte, dann muss eine andere Erklärung gesucht werden, und ich glaube sie in Folgendem gefunden zu haben: Man nehme an, dass der zweite der normalen Teilungsvorgänge schon eingesetzt hat und zu Ende geführt ist, ehe der erste ganz beendigt war, und dass das Auge auf dieser Entwicklungsstufe stehen geblieben ist. Die Möglichkeit eines in dieser Weise abnorm verlaufenden Teilungsprocesses kann nicht geleugnet werden; wir können sie uns in folgender Weise durch schematische Darstellung veranschaulichen: Der eigentlichen Teilung möge vorangehen eine Ausbildung und Differenzirung der Anlagen der drei zu bildenden Sehsubstanzen in der zunächst noch ungeteilten Muttersubstanz.



In der schematischen Darstellung Fig. 1 seien die drei Teile, die Rot-, Grün- und Blausehsubstanz, in ihren differenzirten Anlagen repräsentirt durch die drei Buchstaben R, G und B; die Anlagen seien zunächst noch verbunden, die Verbindungen sind markirt durch die Striche zwischen den Buchstaben. Wenn die Teilung normal verläuft, würde also zunächst B sich von R und G abtrennen: das hierdurch erreichte Entwicklungsstadium ist in Fig. 2 dargestellt, und dann würde, wie durch Fig. 3 dargestellt, die Trennung von R und G erfolgen. Nun könnte aber auch einmal in Folge abnormen Verlaufes der durch Fig. 4 dargestellte Fall eintreten, dass R von G sich schon trennt ohne dass die

Abtrennung des B von den beiden anderen vorausgegangen ist. Dann wäre die Rotsehsubstanz mit der Grünsehsubstanz nicht mehr direkt verbunden, jede aber noch durch eine Verbindungsbrücke in Verbindung mit der Blausehsubstanz. Wenn dann ein blaues Licht einwirkt, dann wird zunächst die Blausehsubstanz erregt, aber von ihr würde die Erregung durch die Verbindungsbrücken auf die Rot- und Grünsehsubstanz übertragen: es resultirt die Empfindung Weiss. Wirkt ein gelbes Licht ein, so würde auch die Empfindung weiss entstehen, weil zwar zunächst die Rot- und Grünsehsubstanz, jede für sich und beide gleichstark erregt werden, aber die Erregung durch die Verbindungsbrücken auch auf die Blausehsubstanz übertragen würde. Wirkt aber ein rotes Licht ein, so würde zunächst die Rotsehsubstanz stark erregt, die Erregung könnte von da, weil sie nur auf einer der beiden Verbindungsbrücken übertragen wird, vielleicht nicht in starkem Maasse auf die Blausehsubstanz und weiter auf die Grünsehsubstanz übertragen werden. Es würde eine zwar rötliche Empfindung resultiren, die aber wegen der erheblichen Mitbeteiligung des Blau- und Grünprocesses wenig gesättigt erschiene. Entsprechend ergäbe sich bei Einwirkung eines grünen Lichtes die Empfindung eines wenig gesättigten Grün. Die hier gegebene Erklärung der Blau-Gelb-Blindheit erscheint nicht zu complicirt in Anbetracht dessen, dass das seltene Vorkommen der Blau-Gelb-Blindheit auf eine grosse Complication in der ihr zu Grunde liegenden Entwicklungsstörung hinweist.

Nur kurz sei zum Schlusse darauf hingewiesen, dass ausser den beschriebenen Arten von Farbenblindheit noch gewisse Anomalien des Farbensinnes beobachtet worden sind, die in einer Schwäche des einen oder anderen Farbenempfindungsvermögens, z. B. des Rotsinnes, des Grünsinnes bestehen, sie würden wohl ausser auf mangelhafte Teilung auch noch auf eine mangelhafte Ausbildung, auf eine Verkrüppelung der einen oder anderen Sehsubstanz zurückzuführen sein.

Ich fasse die Ergebnisse unserer Betrachtungen nochmals kurz zusammen in Form folgender Thesen, die ich zur Discussion stelle:

Bei der Entwicklung des Farbensinnes wird zunächst eine für langwellige Lichter unempfindliche Ur-Weisssehsubstanz panchromatisirt, so dass eine für langwellige Lichter empfindlichere Weisssehsubstanz entsteht.

Diese Weisssehsubstanz teilt sich darauf in eine Blausehsubstanz und eine Gelbsehsubstanz.

Die Gelbsehsubstanz teilt sich darauf in eine Rotsehsubstanz und eine Grünsehsubstanz.

Ausbleiben des zweiten Teilungsprocesses bewirkt die als Deuteranopie bezeichnete Rot-Grün-Blindheit.

Ausbleiben beider Teilungsprozesse bewirkt die in der normalen Netzhautperipherie vorhandene totale Farbenblindheit der Zapfen.

Ausbleiben der Panchromatisation, verbunden mit Ausbleiben der zweiten, oder der beiden Teilungen bewirkt die dem Netzhautcentrum, bezw. der Netzhautperipherie des Protanopen eigene Sehweise.

Vollzieht sich der zweite Teilungsprocess, ohne dass der erste beendigt ist, so entsteht Blau-Gelb-Blindheit verbunden mit Rot-Grün-Schwäche.

Discussion.

Herr Karl Schaum:

Ich möchte mir erlauben, die von dem Herrn Vortragenden erwähnte Analogie der Entwicklung des Farbensinnes mit der photographischen Sensibilisierung etwas näher auszuführen. Wir denken uns eine Gelatineemulsion eines für das sichtbare Spektralgebiet nur wenig empfindlichen Silbersalzes. Baden wir diese Emulsion in der Lösung eines Blausensibilisators, so wird dieselbe für einen Teil des kurzwelligen Gebietes hochempfindlich und zwar mit einem Maximum im Blau. Diese Platte wäre ein Analogon zur farbenblinden rot- und gelbunempfindlichen Stäbchenweissseh-

substanz. Behandeln wir die Emulsion dagegen mit einem Grünsensibilisator, so bekommen wir ein im mittleren Teil des Spektrums gelegenes Sensibilisierungsband. Mischen wir die beiden Farbstofflösungen, so wirkt dieses Gemisch gleichzeitig für das blaue und das grüne Gebiet sensibilisierend. Die Form der beiden Sensibilisierungskurven sei derart beschaffen, dass das Empfindlichkeitsmaximum der Platte im Blaugrün liegt. Unsere Platte würde also in ihrem spektralen Verhalten ein Analogon zu der rotunempfindlichen protanopischen Zapfen-Weisssehsubstanz bilden.

Fügen wir dem Farbstoffgemisch nun noch einen Rotsensibilisator hinzu, so wird eine mit unserer Emulsion überzogene Platte beim Behandeln mit dieser Lösung für das ganze Spektrum lichtempfindlich und bei geeigneter Form der Rotkurve kann das Empfindlichkeitsmaximum nach dem langwelligen Spektralende hin, z. B. ins Gelbgrün, verschoben werden. Wir hätten also nun ein Analogon für die Empfindlichkeitsverhältnisse der normalen Zapfen-Weisssehsubstanz.

Es ist nun für die spektrale Empfindlichkeit einer Silbersalzemulsion gleichgültig, ob jedes einzelne Silbersalzkorn gleichzeitig die drei Sensibilisatoren enthält (trichromatische Färbung) oder ob zwei Drittel der gesammten Körnerzahl gleichzeitig zwei Sensibilisatoren enthalten (dichromatische Färbung), der Rest der Körner aber mit dem dritten Farbenstoff (monochromatisch) gefärbt ist, oder ob je ein Drittel der Körner mit je einem der drei Farbenstoffe (monochromatisch) sensibilisiert ist. Ganz analog würden wir zu unserer rotunempfindlichen Emulsion gelangen, wenn wir die Hälfte aller Körner mit dem Grün-, die andere Hälfte mit dem Blausensibilisator färbten. Wir hätten ausser den schon erwähnten Analogien:

„Rot- und Gelbunempfindliche Platte, monochromatische Färbung des Einzelkornes = Stäbchenweisssehsubstanz.“

„Rotunempfindliche Platte, dichromatische Färbung des Einzelkornes = Farbenblinde protanopische Zapfen-Weisssehsubstanz.“

„Panchromatische Platte, trichromatische Färbung des Einzelkornes = Farbenblinde normale Zapfen-Weisssehsubstanz,“
noch die folgenden:

„Dichromatische Färbung von zwei Drittel der Körner mit einem Gemisch aus zwei Sensibilisatoren, monochromatische Färbung des Restes mit dem dritten Farbstoff = Partielle Farbenblindheit.“

„Monochromatische Färbung je eines Drittels der Körner mit je einem Farbstoff = Normales trichromatisches Farbenempfindungsvermögen.“

„Rotunempfindliche Platte, monochromatische Färbung je einer Hälfte der Körner mit je einem Farbstoff (Grün- bezw. Blausensibilisator) = Protanopie.“

Zur Erklärung der Tatsache, dass jede Wellenlänge gleichzeitig jede der drei Young-Helmholtzschen Grundempfindungen erregt, hätte man analog anzunehmen, dass jeder Sensibilisator nicht nur in seinem eigenen Sensibilisierungsgebiet, sondern auch in den übrigen Spektralteilen eine gewisse, wenn auch geringe Empfindlichkeitssteigerung hervorruft.

Ich möchte nun noch kurz auseinandersetzen, wie man sich die Trennung der ursprünglich in einem Komplex vereinigten zwei bzw. drei Farbstoffe auf zwei bzw. drei getrennte Gebilde erklären kann. Verteilt sich ein Stoff zwischen zwei Lösungsmitteln, z. B. ein Farbstoff zwischen (amorphem) Silbersalz und Gelatine, so ist bei einer bestimmten Temperatur (gleiches Molekulargewicht in beiden Lösungsmitteln vorausgesetzt) das Verhältnis der Konzentrationen in den beiden Medien eine konstante Grösse, die man als Teilungskoeffizient bezeichnet. Wir wollen nun annehmen, in der Weisssehsubstanz hätten sich drei Sensibilisatoren gebildet, die zunächst in jener gelöst sind. Die trichromatische Weisssehsubstanz sei einem indifferenten Medium eingebettet, welches die Sensibilisatoren in geringer Menge zu lösen vermöge. Jetzt trennt sich von der Weisssehsubstanz ein Gebilde ab, für welches der Teilungskoeffizient (in

Bezug auf das indifferente Medium) für den Blausensibilisator einen sehr grossen, für die anderen Sensibilisatoren dagegen einen äusserst kleinen Wert hat, dann haben wir also nach Herstellung des Verteilungsgleichgewichtes in der indifferenten Grundmasse eine dichromatische Komplexgattung eingelagert, welche den Rot- und den Grünsensibilisator gelöst enthält, also im Sinn der Farbenwahrnehmungstheorie gelbempfindlich ist, und ferner ein monochromatisches Gebilde, das infolge seines Gehaltes an Blausensibilisator die Blauempfindung vermittelt. Die Weiterentwicklung des normalen trichromatischen Auges müsste dann so erfolgen dass der die beiden Sensibilisatoren für Rot und Grün enthaltende Komplex sich in der Weise spaltet, dass zwei Gebilde entstehen, deren eines einen sehr grossen Teilungskoeffizient für den Rotkörper hat, während der andere vornehmlich nur den Grünsensibilisator löst.

In welcher Weise sich das protanopische Auge bildet, ist ohne weiteres ersichtlich.

Herr F. Schenck:

Ich bin Herrn Kollegen Schaum sehr dankbar für seine Ausführungen; ich glaube, dass man auf dem von ihm gezeigten Wege zu einer speziellen Ausgestaltung der Theorie gelangt, die noch auf viele Einzelheiten Licht wirft.

Die Theorie würde soweit die Zapfensehsubstanzen in Betracht kommen, also so zu formuliren sein:

Die Weisssehsubstanz der äussersten Netzhautzone des Protanopen enthalte ausser einer eigentlichen lichtempfindlichen Substanz noch zwei Sensibilisatoren, einen für grünes Licht und einen für blaues Licht. Bei der Panchromatisation komme noch der Sensibilisator für rotes Licht hinzu. Alle diese Sensibilisatoren seien ursprünglich in dem ursprünglich einheitlichen Gebilde miteinander vermischt. Bei der ersten Teilung würde eine Trennung der Sensibilisatoren erfolgen, so dass der Blausensibilisator in die Blausehsubstanz, die beiden anderen in die

Gelbsehsubstanz übergehen. Bei der zweiten Teilung würde der Grünsensibilisator in die Grünsehsubstanz, der Rotsensibilisator in die Rotsehsubstanz übergehen.

Ich will noch auf folgende Punkte kurz hinweisen, für die gerade die Lehre von der Trennung der Sensibilisatoren bei den Teilungsvorgängen von besonderer Bedeutung erscheint.

Wenn die Differenzirung der Rotsehsubstanz bei der zweiten Teilung durch die Gegenwart der Rotsensibilisators bedingt sein soll, dann kann die Bildung der Rotsehsubstanz ohne Rotsensibilisator, d. h. ohne vorausgegangene Panchromatisation nicht erfolgen; es kann in diesem Falle die zweite Teilung nicht vor sich gehen. Das ist ja tatsächlich der Fall, es kommt dann nur zur ersten Teilung, es entsteht nur Protanopie.

Der Grünsensibilisator allein würde in der Grünsehsubstanz bei voll entwickeltem Farbensinn und auch in der protanopischen Gelbsehsubstanz enthalten sein, mithin müsste für jene Grünsehsubstanz dieselbe Abhängigkeit der Erregung von der Wellenlänge bestehen, wie für diese Gelbsehsubstanz. Diese Folgerung steht in guter Übereinstimmung mit einem, die Gleichung von Farbengemischen betreffenden Grundgesetze, welches lautet: Zwei verschiedene Farbengemische, die dem normalen Auge gleich aussehen, erscheinen auch dem Protanopen gleich. Das ist im Sinne unserer Anschauungen so zu verstehen: Angenommen ein bestimmtes Farbengemisch bringe beim normalen Auge eine Erregung der Rot-, Grün-, und Blausehsubstanz zu stande, so dass die Einzelerregungen repräsentirt würden durch die Werte a Rot, b Grün, c Blau. Ein anderes Farbengemisch, dass dem ersten gleich erscheinen soll, muss dann ebenfalls die Erregung [a Rot + b Grün + c Blau] geben. Beim Protanopen fehlt die Rot- und Grünerregung, statt dessen ist eine Gelberregung vorhanden. Da aber unserer Auffassung nach die Gelbsehsubstanz hier die gleiche Abhängigkeit ihrer Erregung von den einwirkenden Lichtern wie die Grünsehsubstanz des normalen Auges haben soll, so folgt, dass jedes der beiden Farbengemische beim Pro-

tanopen die Erregung [b Gelb + c Blau] liefern muss; die Gleichheitsbedingungen sind unserer Auffassung nach auch beim Protanopen erfüllt. — Beiläufig bemerkt gilt dasselbe Grundgesetz auch für den Deuteranopen. Dies ist unserer Auffassung nach dadurch bedingt, dass hier statt der Rot- und Grünsehsubstanz eine Gelbsehsubstanz vorhanden ist, welche aber dieselbe Abhängigkeit ihrer Erregung von den einwirkenden Lichtern hat, wie die Rot- und Grünsehsubstanz des normalen Auges zusammen. Bei Einwirkung jener Farbengemische entsteht also hier in beiden Fällen die Erregung [(a + b) Gelb + c Blau]; die Gleichheitsbedingungen sind auch so erfüllt.

Der Rotsensibilisator sensibilisirt übrigens nicht nur für langwelliges Licht, sondern auch noch etwas für kurzwelliges Licht; wir müssen nämlich im Sinne unserer Theorie annehmen, dass die Rotsehsubstanz auch durch violettes Licht, wenn auch in geringem Maasse mit erregt wird: Violett ist ja eine Mischung von Blau mit Rot.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass die drei Sensibilisatoren wohl nur unter normalen Verhältnissen getrennt von einander auf die drei Sehsubstanzen verteilt gehalten bleiben können. Bei Erkrankungen des Sehorganes könnte es dagegen vielleicht zu einer mehr weniger vollständigen Vermischung der Sensibilisatoren kommen. Auf diese Weise könnte man vielleicht gewisse Störungen des Farbensinnes erklären, die in Krankheitsfällen beobachtet worden sind.

Wenn man auf dem angegebenen Wege noch weiter gehen, und in die Theorie auch die Stäbchensehsubstanz einbeziehen will, dann würde man den Unterschied der Helligkeitsverteilung für das Stäbchensehen und das protanopische Zapfensehen darauf zurückzuführen haben, dass in den Stäbchen nur der Blausensibilisator, in den protanopischen Zapfen aber ausser dem Blausensibilisator auch noch der Grünsensibilisator vorhanden wäre. Freilich muss dabei aber bedacht werden, dass die Stäbchensehsubstanz doch Verschiedenheiten von der Zapfen-Blauseh-

substanz zeigt; sie ist zunächst absolut empfindlicher, als letztere; ausserdem gilt für das Stäbchensehen nicht das vorhin erwähnte Grundgesetz betr. Gleichung von Farbenmischungen und dieses Grundgesetz müsste auch hier gelten, falls die Stäbchensehsubstanz genau gleich der Zapfen-Blausehsubstanz wäre. Die beobachteten Abweichungen von dem Grundgesetz lassen sich darauf zurückführen, dass der Stäbchensehsubstanz nicht nur eine absolut, sondern auch eine relativ grössere Empfindlichkeit für blaue Lichter zukommt, als der Zapfen-Blausehsubstanz; vielleicht ist dieser Unterschied zwischen den beiden Substanzen aber nur darauf zurückzuführen, dass der Blausensibilisator in der Stäbchensehsubstanz eine höhere Concentration hat.

Mit einem gewissen, durch die Unterschiede der Stäbchen-Weisssehsubstanz und der Zapfen-Blausehsubstanz erforderlichen Vorbehalt können wir nun unter Zugrundelegung unserer Anschauung uns eine Vorstellung von der Wirksamkeit des Grün- resp. des Rotsensibilisators verschaffen, wenn wir die Kurven der Helligkeitsverteilung für das Stäbchensehen, sowie für das protanopische und das normale Zapfensehen in ein Koordinatensystem so eintragen, dass wir die Ordinatenhöhe für die kurzwelligen Lichter, für die hauptsächlich der Blausensibilisator in Betracht kommt, bei allen drei Kurven als etwa gleich ansetzen. Im langwelligen Teile liegt dann die Kurve für das protanopische Zapfensehen höher, als die für das Stäbchensehen, und die Kurve für das normale Zapfensehen noch höher, als die für das protanopische Zapfensehen. Man kann nun zwei weitere Kurven auf derselben Abscisse construiren: für die erste seien die Ordinaten gleich gesetzt den Differenzen der Ordinaten der Stäbchenkurve und der Protanopenzapfenkurve, für die zweite seien die Ordinaten gleich gesetzt den Differenzen der Protanopenzapfenkurve und der Normalzapfenkurve. Die erste der so construirten Kurven giebt dann Aufschluss über die Wirksamkeit des Grünsensibilisators, die zweite über die Wirksamkeit des Rotsensibilisators. Durch Addition der Ordinaten dieser beiden Kurven kann man

schliesslich noch eine dritte Kurve construiren, die die Wirksamkeit des Rot- und Grünsensibilisators zusammen angiebt; diese Kurve muss Aufschluss geben über die Abhängigkeit der Erregung der Gelbsehsubstanz des Deuteranopen von der Wellenlänge. — Die erste, bezw. die dritte der so construirten Kurven stimmen mit den von v. Kries gegebenen Kurven für die sogenannten *W*-Werte des Protanopen, bezw. des Deuteranopen in ihrem Verlaufe soweit überein, wie man das bei der Verschiedenheit der Stäbchensehsubstanz und der Zapfen-Blausehsubstanz erwarten darf, diese Übereinstimmung ist nach unserer Theorie zu erwarten.

Herr Lohmann bemerkt, dass man vielleicht durch Untersuchung an kleinen Kindern eine experimentelle Bestätigung der Schenck'schen Theorie finden könne. Bekanntlich entwickelt sich der Farbensinn der Kinder erst langsam und verhältnismässig spät, sodass er erst etwa mit dem sechsten Lebensjahre vollkommen ausgebildet ist. Es wäre nun zu untersuchen, ob die einzelnen Entwicklungsstadien, wie sie die Schenck'sche Theorie annimmt, sich auch bei der allmählichen Entwicklung des kindlichen Farbensinnes verfolgen lassen.

Herr Richarz:

Folgende Bemerkung ist dadurch veranlasst, dass Herr College F. Schenck mir gesprächsweise die Frage vorgelegt hat, ob die Tatsache. dass die Violett-Empfindung einen roten Anteil enthält, vielleicht erklärt werden könne durch Bildung stehender Licht-Wellen, wie sie z. B. neuerdings auch wieder von Hrn. E. Raehlmann (Pflügers Archiv **112**, p. 172, 1906) als in der Retina entstehend angenommen werden. Dabei wäre durch den Umstand, dass die Wellenlänge des roten Lichtes beinahe die doppelte von der des violetten Lichtes ist, eine Erklärung gleichzeitiger Erregung dann zu finden, wenn das erregbare Gebilde in passendem Abstande von der reflectirenden Wand seinen Platz hätte.

Das wäre vom rein physikalischen Standpunkte aus in der Tat denkbar. Und zwar auf zweierlei Weise. Nehmen wir erstens einmal an, dass die Reflexion an dem optisch dichteren Medium geschieht; dann hätten wir in der reflectirenden Wand für die stehenden Lichtwellen einen Knotenpunkt. Ein ebensolcher befindet sich für rotes Licht im Abstande $\lambda/2$ von der Wand; in der Nähe läge auch der 2. (von der Wand aus gerechnet) Knotenpunkt für die stehenden violetten Wellen. Genauer gesagt wären dies nach der elektromagnetischen Theorie des Lichtes Knotenpunkte der elektrischen Kraft, aber Bäuche der magnetischen.[1]) Man nehme nun an dieser Stelle ein Gebilde an, das für die Oscillationen der magnetischen Kraft empfindlich sei, z. B. Induktionsströme entstehen lässt, [wie die Versuchsanordnung von Hrn. Bangert, Physikal. Inaugural-Dissertation, Marburg 1906] und dessen Erregung Rotempfindung hervorruft. Dieses Gebilde würde stark erregt durch Strahlen von der Wellenlänge des roten Lichtes, schwächer aber auch durch violette. Andere Grün- bezw. Blauempfindende Gebilde müssten näher an der reflectirenden Wand je im Abstande von einer halben Wellenlänge des betr. Lichtes angenommen werden. Dann würde violettes Licht vornehmlich das blauempfindende Gebilde erregen; ausserdem aber auch, wie zuvor auseinandergesetzt, schwächer das rotempfindende.

Zweitens könnte die Reflexion, die zur Bildung der stehenden Wellen Anlass gibt, am optisch dünneren Medium geschehen. Dann läge in der reflectirenden Wand ein Bauch der Schwingungen im gewöhnlichen Sinne; genauer gesagt: ein Bauch für die elektrische Kraft. Die empfindenden Gebilde wären dann als erregbar nicht durch magnetische, sondern durch elektrische Oscillationen anzunehmen, also z B. photochemisch reagirend. Die Lage der Rot-, Grün-, Blau- empfindenden Gebilde vor der

1) Siehe F. Richarz, Neuere Fortschr. a. d. Gebiete d. Elektricität, wissensch. gemeinverst. dargestellt. Leipzig bei Teubner, 2. Aufl. 1902, pag. 53, 76, 84.

reflectirenden Wand wäre gerade so wie zuvor zu postuliren. Im Abstande von $\lambda/2$ für Rot vor der Wand befände sich ein Bauch der stehenden roten Wellen, und nahezu auch ein solcher für die violetten; präciser gesagt: ein Bauch der in den Lichtwellen enthaltenen elektrischen Oscillationen. Auch dann würde violettes Licht vornehmlich die Blau-Empfindung, daneben aber auch schwächer die Rot-Empfindung erregen.

Statt der Erklärung durch stehende Wellen liesse sich aber auch eine solche durch **Resonanz** geben. Die Annahme der Existenz von Resonatoren auf Lichtwellen ist zur Erklärung verschiedener anderer physikalischer Erscheinungen unumgänglich; Hrn. Schaum's farbige photographische Negative sind z. B. nur durch Annahme solcher Resonatoren zu erklären.[1]) Wenn nun ein solcher Resonator deswegen Resonanz auf rotes Licht ergeben würde, weil gewisse seiner Dimensionen (entsprechend der Länge einer Saite) der halben Wellenlänge für Rot entsprechen, so kann dieser Resonator nahezu Resonanz auch für violettes Licht ergeben (ebenso wie jene Saite für die Oktave, indem sie in zwei Hälften schwingt). Man könnte weiter annehmen, dass die Rotsehsubstanz deswegen rotempfindlich sei, weil sie ein optischer Resonator auf rote Wellen ist; und müsste die entsprechende Annahme für die Grün- bezw. Blau-Sehsubstanz machen. In dieser Weise würde man, und zwar einfacher als zuvor durch die stehenden Wellen, zu einer Erklärung dafür gelangen. dass violettes Licht neben der überwiegenden Blauerregung auch eine schwächere Roterregung giebt. Diese Annahme von optischen Resonatoren liesse sich sogar einfügen in Schaum's spezielle Hypothese über die Natur der Schenckschen Rot-Grün-Blau-Seh-Substanzen als Sensibilisatoren. Denn man brauchte dann nur anzunehmen, dass diese Substanzen eben deswegen die Eigenschaften von Sensibilisatoren für die betreffende Farbe haben, weil sie optische Resonanz gerade auf sie ergeben, also auch die Energie der Wellen von der betreffenden Länge absorbiren und für die Umsetzung in andere Energieformen disponibel machen.

1) Siehe diese Sitzungsberichte S. 29; 1906.

Bei Heranziehung der optischen Resonanz liessen sich auch die Unterschiede im Verhalten der Stäbchensehsubstanz (Sehpurpur) und der Zapfen-Blausehsubstanz folgendermassen erklären. Wie Herr Coll. Schenck ausgeführt hat (siehe oben S. 27/28), ist die Stäbchensehsubstanz sowohl absolut empfindlicher, als die Zapfen-Blausehsubstanz, wie auch relativ empfindlicher für Blau; d. h. die Empfindlichkeitscurven auf gleiche Grösse des Maximums reducirt, ergeben bei den Stäbchen einen schmäleren, steiler ansteigenden Berg, als bei der Zapfen-Blausehsubstanz. Dasselbe Verhalten würde sich physikalisch ergeben, wenn wir die Stäbchensehsubstanz als einen Resonator auf Blau mit ungedämpften oder wenig gedämpften Eigenschwingungen annehmen; die Zapfen-Blausehsubstanz aber als einen solchen Resonator mit stärkerer Dämpfung der Eigenschwingungen. In letzterem Falle werden diese allgemein nicht zu so starker Resonanz erregt werden können, wie in ersterem; und ausserdem wird, wie Theorie und Versuch bei akustischer und bei elektrischer Resonanz ergeben haben, die Resonanz in einem breiteren Gebiet von Wellenlängen zu beiden Seiten des Maximums relativ kräftiger stattfinden, als bei ungedämpften oder weniger gedämpften Eigenschwingungen des Resonators.

Herr F. Schenck:

Die Frage, ob die specifische Erregung der Sehsubstanzen beruhen könne auf Lokalisation derselben an Stellen, die in bestimmter Weise zu den Bäuchen resp. Knoten stehender Wellen angeordnet wären, hatte ich aufgeworfen, um für die weitere Ausgestaltung der Theorie eine sichere physikalische Grundlage zu gewinnen, die auch bei den Fragestellungen für weitere Forschungen als Wegweiser dienen könnte. Ich bin Herrn Kollegen Richarz sehr verbunden für die anregenden Aufklärungen, die er hinsichtlich dieses Punktes sowie hinsichtlich der optischen Resonanz gegeben hat, und die recht wohl geeignet erscheinen, als leitende Gesichtspunkte für weitere Untersuchungen zu dienen.

Darauf sprach Herr Dr. Achelis:

Über den Nachweis einer neuen toxischen Base im Harn (Methylguanidin).

M. H. Die Frage nach Giftigkeit des Harns hat von jeher das Interesse der Mediziner erregt. Man ging, um diese Frage zu beantworten, zunächst in der Weise vor, dass man den Harn so wie er entleert war, also ohne irgendwelche chemische Massnahmen an ihm vorzunehmen, den Versuchstieren beibrachte und dann beobachtete, ob Vergiftungserscheinungen auftraten oder nicht. So fand man, dass der menschliche Harn, in die Blutbahn injiziert, allerdings stark giftig wirkte; aber welche Bestandteile des Harns diese Giftwirkung hervorriefen, konnte man auf diese Weise natürlich nicht entscheiden. Den Grad der Giftigkeit des menschlichen Harns bestimmte Bouchard nach dem Gewicht Kaninchen in Kilo, welche durch die vom Kilo Körpergewicht eines Menschen in 24 Stunden entleerte Harnmenge getötet werden. Dieser toxische Coeffizient des Harns soll beim gesunden Erwachsenen ca. 0,465 betragen; d. h. die von einem Kilo Mensch in 24 Stunden entleerte Harnmenge soll 465 g Kaninchen töten können. Nimmt man das Gewicht eines Kaninchens zu 1,5 kg an, und die von einem Menschen von 70 kg Gewicht entleerte 24stündige Harnmenge zu 1500 cc, so folgt daraus, dass die tägliche Urinmenge eines Menschen genügt um ca. 22 Kaninchen zu töten; gewiss eine beträchtliche Giftwirkung!

Ferner sollen nach Bouchard wesentliche Unterschiede in dem Grade und der Art der Giftwirkung von Tag- und Nachtharn bestehen. Der Tagharn sei giftiger und wirke narkotisch, während der Nachtharn weniger giftig sei und Convulsionen hervorrufe. Und da beide also gewissermassen Antagonisten seien, so wäre ein Gemisch aus Tag- und Nachtharn weniger giftig, als der Summe der Giftigkeit von beiden einzeln entspräche.

Der Harn von Kranken, speziell von Fieberkranken, soll dem Grade nach giftiger sein, als der von Gesunden; aber die Art der Vergiftungssymptome sei die gleiche, sodass also die grössere Giftigkeit nicht durch spezifische Krankheitstoxine bedingt sei, sondern lediglich durch einen grösseren Gehalt an normalen Harngiften. Aber alle diese Angaben Bouchards scheinen doch nicht so ganz einwandsfrei zu sein; jedenfalls sind sie nicht unwidersprochen geblieben (s. u.).

Es ist wohl zweifellos, dass ein grosser Teil der Giftwirkung des Harns auf dessen anorganische Bestandteile, besonders seine Kalisalze, zurückzuführen ist.

Aber dass diese Kalisalze nicht ausschiesslich die Giftigkeit des Harns bedingen, ist ebenfalls seit langem bekannt; denn die Harnasche ist weniger giftig, als das Harn selbst; und ferner zeigt der vom Kali befreite Harn noch deutliche Giftwirkung.

Man wurde also immer wieder darauf hingewiesen, nach organischen Harngiften zu suchen, und hat auch im Laufe der Zeit eine ganze Anzahl von mehr oder weniger giftigen organischen Basen aus dem Harn isoliert und zum Teil auch näher charakterisiert. Insbesondere hat man den Harn von Kranken untersucht und bei einer Reihe von Krankheiten spezifische Alkaloïde gefunden. Bei manchen Infektionskrankheiten waren es dieselben Körper, die man auch aus Reinkulturen der betreffenden Krankheitserreger gewinnen konnte. Aber die bekannten giftigen Stoffwechselprodukte, wie Guanidin, Methylguanidin, Cholin und Neurin, suchte man bisher immer vergeblich als regelmässige Bestandteile des Harns nachzuweisen. Sodass bei der Unsicherheit der Angaben über organische Harngifte viele Autoren zu dem Schluss kamen, dass ausser dem Kali nur nach die Summe an sich wenig giftiger Harnbestandteile giftig wirke, wie Harnstoff, Kreatinin etc.

Nun haben in neuester Zeit am hiesigen physiologischen Institute Kutscher u. Lohmann nach neuen, von ihnen ausgearbeiteten Methoden eine Anzahl toxischer Basen im Harn

aufgefunden, die zum Teil überhaupt noch nicht bekannt, zum Teil wenigstens noch nicht im normalen Menschenharn nachgewiesen waren.

Auf Veranlassung von Herrn Prof. Kutscher habe ich dann ebenfalls den normalen Menschenharn zum Gegenstand von Untersuchungen benutzt. Die Methode, nach der ich vorging, war ähnlich derjenigen, die Herr Prof. Kutscher angegeben hat. Auf ihre Einzelheiten brauche ich hier wohl nicht näher einzugehen. Jedenfalls erhielt ich schliesslich durch Ausfällen mit Picrolonsäure ein Salz, dass sich durch die Elementaranalyse als das Picronolat des Methylguanidins erwies. Dass dies nicht etwa ein zufälliger, sondern wohl ein regelmässiger Bestandteil des normalen Menschenharns ist, muss schon deshalb angenommen werden, weil ich es in 2 verschiedenen Harnmengen unabhängig von einander nachweisen konnte. Sehr reichlich ist es allerdings nicht im Harn vorhanden; denn ich erhielt aus 30 l Harn nur 0,7 g Picrolonat, was ungefähr 0,35 g an reinem Methylguanidin entspricht. Immerhin kann ja ein Teil davon im Verlauf der Untersuchung verloren gegangen sein.

Von grösstem Interesse ist nun die Frage, wie dieses als giftig bekannte Stoffwechselprodukt in den Harn hineinkommt. Die einfachste Möglichkeit wäre die, das wir das Methylguanidin mit der Nahrung in unseren Körper brächten — natürlich nur in so kleinen Einzeldosen, dass eine Giftwirkung sich nicht bemerkbar machen könnte — und dass es dann einfach in den Harn überginge. Möglich wäre das allerdings; denn in einem unsrer meist gebrauchten Genussmittel, dem Liebig'schen Fleischextract, sind von Herrn Prof. Kutscher recht erhebliche Mengen von Methylguanidin nachgewiesen worden. Ich habe deshalb einem Hunde, der nur mit Brot und Wasser gefüttert wurde, an 2 aufeinanderfolgenden Tagen im Ganzen 1,3 g Methylguanidinchlorid subkutan eingespritzt, und den in den nächsten Tagen entleerten Urin — es waren 3 l — gesammelt und untersucht. Vorausbemerken muss ich, dass vorher das Methylguanidin auch

im Hundeharn nachgewiesen wurde; es kommt hierin zusammen mit dem Dimethylguanidin ebenfalls konstant vor. Wenn nun tatsächlich das Methylguanidin im Harn dem der Nahrung entstammte, dann hätte es in diesen 3 l Hundeharn in ganz unverhältnismässig grosser Menge gefunden werden müssen. Aber das war nicht der Fall. Die Menge war wohl etwas grösser, als gewöhnlich, entsprach aber doch lange nicht der Menge der künstlich eingeführten Substanz. Wir müssen also daraus folgern, dass das Methylguanidin der Nahrung jedenfalls nicht quantitativ als solches im Harn austritt und sicher nicht die einzige Quelle für das Methylguanidin im Harn ist.

Es bleibt also nur noch die Möglichkeit, dass wir das Methylguanidin im Harn als ein Stoffwechselprodukt unseres eigenen Körpers auffassen, das in letzter Linie dem Eiweiss entstammt. Und zwar muss es als solches in Beziehung zu dem Kreatin und Kreatinin stehen; denn das Kreatin ist als Methylguanidinessigsäure das dem Methylguanidin am nächsten verwandte Stoffwechselprodukt, das wir kennen. Es liegen in dieser Hinsicht wieder zwei Möglichkeiten vor: einmal könnte das Methylguanidin eine Vorstufe für das beim Eiweissabbau in unserm Körper gebildete Kreatin sein, und zwar eine giftige Vorstufe, vor deren Giftwirkung der Körper sich dadurch schützt, dass er es zum grössten Teil in das ungiftige Kreatin überführt, während er nur einen kleinen, und daher unschädlichen Teil als solchen in den Harn übertreten lässt.

Die andere Möglichkeit wäre die, dass das Methylguanidin ein Abbauprodukt des Kreatins der Nahrung darstellt, das wir ja mit jeder Fleischspeise reichlich unserm Körper zuführen. Dieser letztere Fall hat sogar an und für sich eine grosse Wahrscheinlichkeit auf seiner Seite. Denn wir wissen, dass bei der Darmfäulnis auch sonst eine Anzahl schwerer Gifte gebildet werden, die dann in irgend einer Form im Harn wieder austreten. Es sei hier nur an das Beispiel der Ätherschwefelsäuren im Harn erinnert. Es entstehen bei der Darmfäulnis Stoffe wie

Phenol, Kresol, Indol und Skatol, die vom Blute aufgenommen werden und bei ihrer bekannten Giftigkeit den Körper sehr wohl schädigen könnten. Aber der Körper schützt sich davor, indem er sie in der Leber an Schwefelsäure bindet, die in freiem Zustande natürlich ebenfalls eine Gefahr für den Körper gebildet hätte. Er schafft also aus diesen beiden an und für sich giftigen Stoffen die ungiftigen Ätherschwefelsäuren und lässt sie als solche in den Harn übergehen.

Die Frage ob das Methylguanidin ebenfalls im Darm als Fäulnisprodukt, als ein Abbauprodukt des Kreatins entsteht, war leicht zu beantworten. Es musste dann natürlich bei einer absolut kreatinfreien Kost im Harn fehlen, dagegen nach besonders kreatinreicher Kost in besonders starkem Masse vorhanden sein. Die dahin zielenden Versuche habe ich gleichzeitig an Menschen und Hunden vorgenommen. Die Menschen nahmen eine Zeit lang eine rein vegetabilische, also kreatinfreie Nahrung auf, die Hunde bekamen nur Brot und Wasser. Dann wurden, als auf diese Weise von beiden genügend Harn gesammelt war, der kreatinfreien Kost noch ziemlich beträchtliche Mengen von Kreatinin in Substanz zugesetzt. Es hatte dies den Vorteil, dass man genau wusste, wieviel Kreatinin in der Nahrung war, wieviel also gegebenenfalls zur Umsetzung gelangen konnte. Die Menschen nahmen 16 g, die Hunde ca. 50 g Kreatinin auf. Trotz des hohen Preises des Kreatinins konnte ich diese Mengen verwenden, weil ich es teils bei den früheren Versuchen aus dem Harn dargestellt hatte; zum grössten Teil aber hatte es Herr Prof. Kutscher bei seinen Arbeiten aus den Liebigschen Fleischextract gewonnen.

Das Resultat bei der Untersuchung dieser 4 verschiedenen Harnportionen war nun folgendes: Das Methylguanidin fehlte nicht in dem Harn nach kreatinfreier Kost. Es war im Gegenteil fast ebenso reichlich darin, wie gewöhnlich. Nach dem reichlichen Kreatiningenuss war es vielleicht etwas vermehrt. Aber die Steigerung war viel zu gering im Verhältnis zu der grossen eingeführten Kreatininmenge; ja sie kann sogar

durch kleine Fehler in dem keineswegs quantitativen Gang der Analyse bedingt sein. Wir müssen also daraus folgern, dass das Methylguanidin im Harn auch dem Kreatin der Nahrung höchstens zu einem kleinen Teil entstammen kann, in seiner Hauptmenge sich aber sicher nicht von diesem ableitet.

Zum weiteren Beweis hierfür habe ich auch noch im Pflanzenfresserharn — ich verwandte Pferdeharn dazu — nach dem Methylguanidin gesucht und habe gefunden, dass es auch hierin mindestens ebenso reichlich vorkommt, wie im Harn des Hundes (Fleischfresser) und des Menschen (Fruchtfresser). Und die Pflanzenfresser nehmen doch niemals Kreatin in ihrer Nahrung auf.

Für die Herkunft des Methylguanidins im Harn bleibt also nur noch eine Möglichkeit; und das ist die, dass es unserm eigenen Körpereiweiss entstammt. Es werden ja dauernd in unserm Körper bei dem sogenannten intermediären Stoffwechsel Zellen zerstört, Eiweiss abgebaut und wieder ersetzt; und bei diesem Eiweissabbau muss es neben der Bildung von Harnstoff, Harnsäure u. s. w. auch zur Bildung von Methylguanidin kommen. Wahrscheinlich geht dann die Umsetzung in der Weise weiter, dass aus dem giftigen Methylguanidin die ungiftige Methylguanidinessigsäure, das Kreatin, gebildet wird. Wahrscheinlich ist das schon deshalb, weil wir in den Geweben, besonders den Muskeln, und weiterhin auch im Harn recht beträchtliche Mengen von Kreatin resp. Kreatinin finden, während das Methylguanidin im Harn ja nur in sehr kleiner Menge vorhanden ist. Wir müssen eben annehmen, dass nur ein kleiner Teil des Methylguanidins der Umsetzung in Kreatin entgeht; ein Teil der so klein ist, dass er nicht weiter schädlich wirken kann.

Das Methylguanidin kommt in dem Eiweiss als solches nicht vor, wenigstens ist es bis jetzt nie darin gefunden worden. Wir müssen deshalb vermuten, dass es sich aus andern Vorstufen entwickelt, die ihrerseits erst im Eiweiss enthalten sind. Als solche Vorstufe kommt eigentlich wohl nur das Arginin in Betracht, das sich chemisch als Guanidinaminovaleriansäure

darstellt. Sollte es sich bewahrheiten, dass ein präformierter Guanidinkern im Eiweissmolekül vorhanden ist, wie Otori wahrscheinlich macht, dann wurde natürlich auch dieser noch als Vorstufe für das Methylguanidin in Betracht kommen.

In der Wahlsitzung vom 14. November wurden gewählt: zu ordentlichen Mitgliedern:

Herr Professor Dr. R. Beneke, Director des pathologischen Instituts.

Herr Professor Dr. A. Heffter, Director des pharmaokologischen Instituts.

zum ausserordentlichen Mitgliede:

Herr Dr. Th. Lorenz, Privatdocent für Geologie.

Aufgelegte Schriften:

Abhandlungen der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft. Bd. 30 Heft 1 u. 2. Frankfurt a. M. 1906.

Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät in Erlangen. 37. Bd. 1905. Erlangen 1906.

57ter Bericht der Lese- u. Redehalle der deutschen Studenten in Prag 1905. Prag 1906.

Sitzungsberichte des deutschen naturw.-mediz. Vereins für Böhmen „Lotos“. Neue Folge 25. Bd. 1905. Prag 1905.

Archives du Musée Teyler Ser. II. Vol. X 2. Partie. Haarlem 1906.

Atti della R. Accademia dei Lincei Ser. V. Rendiconti. Vol. XV. Fasc. 9, 11.

Rendiconti dell' Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche Ser. 3a. Vol. XII. Fasc. 1—2, 3, 4. Napoli 1906.

Atti della Società Toscana di Scienze Naturali Processi verbali. Vol. XV. Nr. 2, 3, 4.

Archives de l'Institut Royal de bactériologie Camara Prestana Tome I. Fasc. 1. Lisbone 1906.

U. S. Geological Survey Professional Paper No. 44, No. 48. Part. I, II, III. Washington 1906.

U. S. Geological Survey Water-Supply and Irrigation Paper No. 154, 167 Washington 1906.

Smithsonian Institution, Annual Report 1904 of the U. S. National Museum. Washington 1906.

Smithsonian Institution, Hodkins Fund Contributions to Knowledge, Part of vol XXXIV (No. 1651). Washington-City 1905.

Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Vol. LVII, Part. III 1905. Philadelphia 1906.

University of Montana Bull. No. 30, Biological Series No. 10. Missoula, Montana 1906.

Wisconsin Natural History Society, Bulletin, Vol. II No. 1 u. 2. Milwaukee 1906.

The Amerikan Naturalist. Vol. XL. No. 474. Boston etc. 1906.

Bulletin of the New-York Public Library. Vol. X. No. 6. New-York 1906.

Amsterdam. K. Akad. van Wettenschappen. Jaarbock 1905. Jan. 1906.

Verhandelingen. 1. Sect. IX. Deel Nr. 2/3, Oct. 1905 u. Juli 1906,
— 2. Sect. XII. Deel Nr. 3/4, Jan. u. Juli 1096.

Verslag van de gewone Vergaderingen etc. XIV. Deel 1/2. Dec. 1905 Mai 1906.

Bautzen. Naturw. Ges. Isis. Sitzungsberichte 1902/5. 1906.

Bergen. Museum. Aarbog 1906 1/2. 1906.

Au account of Crustacea. V. 13/14. 1906.

Boston. The American Naturalist. 40. Bd. Nr. 475/6 u. 477/8. Juli/August 1906.

Braunschweig. Verein f. Naturw. 14. Jahresbericht f. 1903/4, 1904/5. 1906.

Techn. Hochschule. Programm 1906/7. 1906.

Brünn. Klub f. Naturkunde. 7. Bericht f. 1905. 1906.

Chapel-Hill. El Mitchell scientific Society. Journal XXII, Nr. 2. 1906.

Danzig. Naturf. Gesellschaft. Schriften N. F. IX. 4°. 1906.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

Marburg.

Nr. 10 **Dezember** **1906**

In der Sitzung der Gesellschaft vom 12. Dezember trug Herr F. Richarz vor:

Über eine Beobachtung des künstlichen Brockengespenstes.

In der ausserordentlichen Sitzung der Gesellschaft vom 25. Juli d. J. hat der russische Stabsarzt Herr Dr. K. S. Iwanoff (als Gast) über eine derartige Beobachtung vorgetragen.[1]) Wie mir inzwischen Herr F. Kohlrausch mitteilte ist die Möglichkeit einer experimentellen Erzeugung des Brockengespenstes[2]) bereits länger bekannt. In Anknüpfung an einzelne Angaben von Herrn Iwanoff hatte ich mir vorgenommen, die erste sich darbietende Gelegenheit zu einer Nachprüfung zu benutzen.

Am Abend des 23. November herrschte starker Nebel in unserer Stadt; bei der hohen und freien Lage des Instituts bieten die nach der Thalseite hin gelegenen Fenster der oberen Stockwerke besonders günstige Versuchsbedingungen dar. In der That konnten ausser mir die noch im Institut anwesenden Herren Koll. W. Feussner, Dr. E. Take und E. Rohlf aus einem

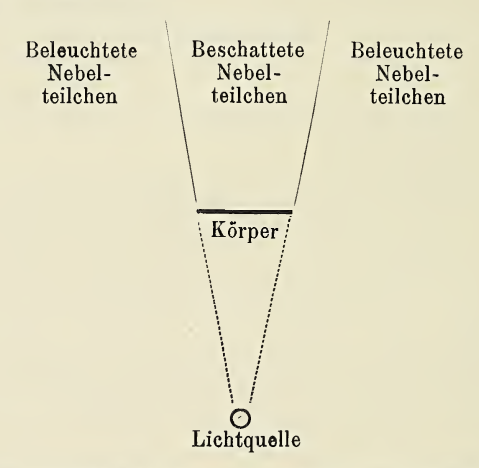
---

1) Siehe diese Sitz. Ber. p. 120.

2) Hiermit soll, ohne Rücksicht auf das etwaige Auftreten von Lichträndern oder farbigen Kreisen, immer nur der Schatten des Beobachters auf Nebeln bezeichnet werden. Ebenso I. M. Pernter in seiner Meteorologischen Optik, 3, pag. 405, Wien 1906. Literaturangaben siehe dort und in Siegmund Günthers Handbuch der Geophysik, 2. Bd., pag. 129; 2. Aufl. Stuttgart 1899.

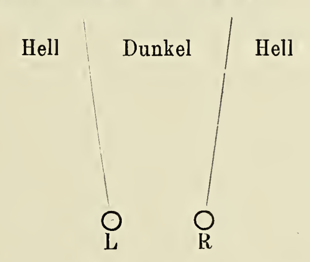
geöffneten Fenster hinausblickend, während hinter uns eine Gaslampe brannte, sehr schön im Nebel unsern Schatten beobachten.

Bei unserer Beobachtung vom 23. November erfüllte der Nebel die ganze Luft gleichmässig bis dicht ans Fenster. Der Schatten ist in einem solchen Falle nicht auf einer bestimmten Wand erzeugt, sondern ist die in die Tiefe hinein ausgedehnte Grenzfläche zwischen den beleuchteten Nebelteilchen und den vom Körper beschatteten:



Das Gespensterhafte kommt alsdann zu Stande durch die Unsicherheit des Urteils über den Ort, auf den man akkomodieren und den man fixieren soll. Der eine Beobachter, der auf grosse Entfernung akkomodiert, verlegt dorthin auch den Schatten im Nebel und schreibt ihm eine riesenhafte Grösse zu; nicht so aber ein Anderer, der im Nebel die Nähe ins Auge fasst. Wer seine Akkomodation und Fixation nach Willkür verändert, kann das Gespenst entfernter oder näher und gleichzeitig mehr oder weniger gross erblicken. Diese bekannten Eigenschaften der Erscheinung konnten wir mit individuellen Unterschieden konstatieren; nicht dagegen die von Herrn Iwanoff angegebene Konkavität des Schattens, die er in Verbindung bringt unter anderem mit dem Helmholtzschen Horopter. Dass die Erscheinung aber zu diesem keine Beziehung haben kann, geht schon daraus her-

vor, dass der Horopter seine Bedeutung für das zweiäugige Sehen besitzt, dass dagegen das Brockengespenst, wie wir bei unserer Beobachtung am 23. November deutlich erkannten, aus zwei im Wesentlichen mit nur einem Auge gesehenen Hälften zusammengesetzt ist. Wir sahen nämlich beim Schliessen des linken Auges, also blos rechtsäugig sehend, allein die rechte Hälfte der Grenze von Schatten und Helligkeit im Nebel deutlich, die linke Grenze dagegen nur höchst undeutlich und verschwommen. Umgekehrt beim Schliessen des rechten Auges. Dies ist ganz einfach zu erklären. Die folgende Figur



bedeutet einen schematischen Grundriss der Lage der beiden Augen R und L und der von den beiden Körperseiten ausgehenden Grenzen zwischen den beleuchteten und den vom Körper beschatteten Partieen des Nebels. Von allen beleuchteten Nebelteilchen wird Licht zum Beobachter zurückgeworfen. Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass R nur die rechte und L nur die linke Grenze wirklich als eine Grenze zwischen Hell und Dunkel sehen kann. Aus ganz demselben Grunde konnte bei unserer Beobachtung am 23. November auch immer jeder von uns nur seinen eignen Schatten im Nebel erkennen; und den Schatten einer hinter uns befindlichen vertikalen eisernen Stange, welcher Schatten so zu sagen nur eine dunkele Ebene im Nebel bildete, konnte man nur wahrnehmen, wenn man sich mit einem Auge in dieser Schattenebene befand. Dies alles beweist, dass das „Brockengespenst“, das wir beobachteten, aus zwei unokular, oder nahezu unokular gesehenen Hälften sich zusammensetzte.

In einer anderen Art erscheint das Brockengespenst, wenn der Nebel nicht gleichmässig verbreitet, sondern in Form einer

Wand nach dem Beobachter hin abgegrenzt ist, sodass sich zwischen letzterem und der Nebelwand noch ein klarer Zwischenraum befindet. Von dieser Erscheinungsweise hat mir z. B. Herr College Rud. Beneke mitgeteilt, dass er sie auf dem Gipfel des Gross-Glockners zu beobachten Gelegenheit gehabt habe. Bei Sonnenuntergang erschienen die von den nahezu horizontalen Sonnenstrahlen entworfenen Schatten der Beobachter auf einer vertikalen Nebelwand, die sich in einer Entfernung von einigen Kilometern über dem Pasterzenkees erhob. Der Halbschatten der Beobachter wird dann um so mehr vergrössert auf der Wolkenwand sichtbar, je weiter diese entfernt ist.

In diesem Falle wird die Vergrösserung und — wenn die Nebelwand nicht eben ist — Verzerrung das Gespenstige des Phänomens verursachen. Es ist ferner vorauszusagen, dass bei gleichzeitiger Anwesenheit mehrerer Menschen diese einen gewissen Abstand von einander bewahren müssen, wenn ihre Halbschatten getrennt bleiben sollen. Diese andere Erscheinungsform des Brockengespenstes wird erst recht nichts mit dem Helmholtzschen Horopter gemein haben; denn es handelt sich bei dieser zweiten Art des Phänomens ja einfach um einen gewöhnlichen Schatten auf einer Fläche, die durch die Begrenzung der Nebelmasse gegeben ist.

Diese Form des „Brockengespenstes“ tritt häufig auch in der Weise auf, dass jeder Beobachter seinen eigenen Kopfschatten von einem Lichtrand umgeben sieht. Das kann man experimentell leicht nachahmen, indem man eine grössere Fensterglasscheibe mit Wasserdampf beschlägt und hinter sich eine Lichtquelle (Bogenlampe) aufstellt. Manchmal, nämlich bei „homogenem“ Nebel, erscheint der Kopfschatten des Brockengespenstes nicht nur umgeben von diesem durch blosse nahezu senkrechte Reflexion in den Tröpfchen entstehenden Lichtrand, sondern auch noch von farbigen Beugungs-Ringen. Auch diese Begleiterscheinung kann man nachahmen durch Bestäuben der Fensterscheibe mit Lycopodiumpulver. Die Beugungsringe um das Spiegelbild der Bogenlampe sind dann ausserordentlich glänzend zu sehen,

und umgeben den Kopfschatten, wenn dieser das Spiegelbild der Lichtquelle abblendet. Diese Beugungsringe können beim natürlichen Brockengespenst folgendermassen entstehen. Die von den Rückseiten der Nebelteilchen nahezu senkrecht reflektirten Strahlen sind unmittelbar die Ursache des hellen Lichtrandes um den Kopfschatten. Indem diese aus dem Innern des Nebels zurückkehrenden Strahlen an anderen Nebelteilchen Beugung erleiden, sind sie Ursache der farbigen Kreise um den Kopfschatten.

[Nebenbei werde bemerkt, dass bei der experimentellen Darstellung der Beugungsringe um den Kopfschatten noch eine andere Interferenzerscheinung sehr schön, und bei grossen Abständen von Lichtquelle und Glasscheibe, sowie bei geeigneter Stellung des Auges in riesigen Dimensionen beobachtet werden konnte. Die zu den Versuchen benutzte Scheibe war eine solche aus Spiegelglas, deren Vorderseite mit Lycopodiumsporen bestäubt war. Die ausser den gewöhnlichen Beugungsringen alsdann noch erscheinenden Ringe umgeben nicht, wie jene, das Spiegelbild der Lichtquelle als Mittelpunkt; vielmehr geht einer von ihnen durch dieses hindurch. Die Lage und Gestalt der Ringe hängt ab von der Stellung des Auges zur Normalen von Lichtquelle auf Spiegel. Sie entstehen, worauf Kollege W. Feussner mich freundlichst aufmerksam machte, durch Interferenz des an demselben Staubteilchen gebeugten Lichtes, welches dieses zum ersten Male beim Hinweg durch die Vorderfläche und zum zweiten Male bei der Rückkehr von der Hinterfläche nach der Reflexion trifft. Siehe W. Feussner, Winkelmanns Handbuch, 1894, Bd. III. 1, pag. 621/622; Originalarbeiten: Lommel, Interferenz des gebeugten Lichtes, Erlangen 1875; K. Exner, Wiener Sitz.-Ber. **76**, pag. 522, 1878 und **90**, pag. 827, 1884.]

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Erklärung des Brockengespenstes in keinerlei Beziehung stehen kann zu den übrigen Erscheinungen, mit denen Herr Iwanoff sie in Verbindung gebracht hat.

Herr F. A. Schulze berichtete **über Versuche,** die unter seiner und Herrn Karl Stuchtey's Leitung von den Herren K. Bangert und K. Goes **an Wehneltröhren** angestellt worden sind und noch weiter fortgesetzt werden.

1. Hervorrufung und Auslöschung von Kathodenstrahlen durch schnelle Potentialschwankungen.

Gelegentlich seiner Versuche zur Auffindung einer Methode, die magnetische Kraft am Lecherschen System direkt zu demonstriren, machte Herr Bangert im hiesigen Physikalischen Institut folgende Beobachtung. In der Absicht, die magnetische Kraft durch die Ablenkung von Kathodenstrahlen nachzuweisen, hatte er an der Stelle eines magnetischen Bauches dicht unterhalb der in einer horizontalen Ebene ausgespannten Lecherschen Drähte eine der von A. Wehnelt[1]) angegebenen Röhren zur Erzeugung sehr langsamer von einer mit CaO bestrichenen Kathode aus Platin ausgehenden Kathodenstrahlen aufgestellt. Bei einer bestimmten Spannungsdifferenz zwischen Kathode und Anode treten die Kathodenstrahlen in einer solchen Röhre spontan erst bei einer bestimmten „kritischen" Minimaltemperatur der Kathode auf, die über der Rotglut liegt, und für jede Röhre verschieden zu sein scheint. Herr Bangert fand nun, dass die Kathodenstrahlen bei derselben Spannungsdifferenz zwischen Kathode und Anode auch schon beträchtlich unterhalb dieser „kritischen" Temperatur auftraten, sowie die Wellen am Lecherschen System erzeugt wurden, und dass diese so künstlich unterhalb der kritischen Temperatur hervorgerufenen Kathodenstrahlen auch nach Abstellen der elektrischen Wellen bestehen blieben, falls die Temperatur der Kathode nicht allzuweit unterhalb der kritischen Temperatur lag, ebenso wie auch die spontan bei der „kritischen" Temperatur entstehenden Kathodenstrahlen bestehen bleiben, wenn die Temperatur der Kathode erniedrigt wird. Ging man mit der Temperatur der Kathode noch weiter hinunter, so blieben die bei in Gangsetzung des Lecherschen Systems

1) A. Wehnelt, Ann. d. Phys. **14**. p. 425. 1904.

hervorgerufenen Kathodenstrahlen nicht mehr weiter bestehen, sondern traten nur intermittirend auf und zwar im Tempo der Unterbrechungen des Induktoriums, das zur Hervorrufung der die Wellen erzeugenden Funkenstrecke benutzt war. Erniedrigte man die Temperatur der Kathode noch weiter, so kam schliesslich eine bestimmte Temperatur, bei der das Lechersche System die Kathodenstrahlen nicht mehr hervorrief.

Dieser „auslösenden" Wirkung stand andererseits eine „hemmende" Wirkung gegenüber. Erniedrigte man nämlich, nachdem die Kathodenstrahlen bei hoher Temperatur spontan entstanden waren, die Temperatur so weit, dass die Strahlen eben noch vorhanden waren, bei einer kleinen Vertiefung der Temperatur aber verschwunden wären, so wurden sie zum Verschwinden gebracht, sobald das Lechersche System in Gang gesetzt wurde. [1])

Die Weiterführung dieser Versuche ist von Herrn Goes übernommen. Es zeigte sich zunächst, dass die Anwesenheit des Lecherschen Systems für die Erscheinung unwesentlich ist; sie trat auch nach Fortlassung der Lecherschen Drähte in der gleichen Weise ein. Als Sitz des wesentlichen Faktors wurde schliesslich die Funkenstrecke an dem Teslaapparat erkannt, der den Blondlotschen Erreger speiste, von dem die Lecherschen Drähte ausgingen. Auch durch den Funken einer sog. (von W. Holtz [2] erfundenen) Wimshurst-Maschine wird der Effekt hervorgebracht, und die weiteren Versuche wurden meist mit einer solchen bezw. noch einfacheren Mitteln ausgeführt.

Herr Prof. Richarz sprach die Vermutung aus, dass die Erscheinung herrühren könne von einer schnellen Potentialschwankung, die die Kathode der Wehneltröhre bei der Funkenentladung erfährt, und wies auf die Analogie mit einer gelegentlich von Herrn Pulfrich i. J. 1889 im Bonner Physikalischen

1) Diese Versuche sind von Herrn Bangert in seiner demnächst erscheinenden Dissertation (Citat siehe Seite 182, Anm. 2) beschrieben.

2) W. Holtz, Pogg. Ann. **136**. 173. 1869; **150**. 1. 1875; Centralblatt für Elektrotechnik 1883. 683.

Institut gemachten Beobachtung hin, wonach zwischen den Elektroden einer Elektrisirmaschine, die so weit von einander entfernt sind, dass eben noch kein Funke überspringt, die Funkenentladung sofort eintritt, sobald durch ein in der Nähe der Elektroden vorbeifallendes Schrotkorn oder dergl. eine momentane Änderung der Potentialdifferenz der Elektroden hervorgebracht wird. Im Sinne dieser Vermutung wurden die Versuche fortgesetzt, und es ergab sich dabei folgendes. Von wesentlicher Bedeutung ist die Stellung der Elektroden der Elektrisirmaschine zu der Kathode der Röhre. Die auslösende Wirkung tritt immer ein, wenn der negative Pol der Maschine der Kathode näher liegt als der positive. Sie bleibt aus, wenn die beiden Pole der Maschine gleich weit von der Kathode entfernt sind, oder gar wenn der positive Pol der nähere ist. Dabei ist es gleichgültig, wie die Maschine sonst zur Röhre steht, d. h. ob die Maschine der mit dem CaO-fleck bestrichenen Seite des Platinbleches oder der anderen Seite zugekehrt ist.

Umgekehrt tritt die hemmende Wirkung durch eine Entladung ein, wenn der positive Pol der Funkenstrecke näher an der Kathode liegt. Sind beide Pole der Maschine isolirt und stehen beide in gleicher Entfernung von der Kathode, so tritt weder der auslösende noch der hemmende Effekt ein. Die Auslösung tritt aber sofort wieder auf, sobald der positive Pol zur Erde geleitet wird. In der umgekehrten Weise tritt der hemmende Effekt ein, wenn der negative Pol geerdet wird. Nach diesen Versuchen rührt also der Effekt davon her, dass an der Stelle der Röhre eine Potentialschwankung, ein Potentialstoss eintritt, und zwar bei der Auslösung der Kathodenstrahlen derartig, dass das negative Potential der Kathode kurze Zeit gegen seinen vorherigen Wert erhöht, bei der Hemmung der Kathodenstrahlen erniedrigt wird.

Diese Vermutung wird wohl zur Gewissheit erhoben durch folgende Versuche. Stellt man in die Nähe der bis nahe an die kritische Temperatur erhitzten Kathode einen negativ geladenen Konduktor, so werden die Kathodenstrahlen ausgelöst, wenn man

den Konduktor, eine Metallkugel, ein geriebener Hartgummistab oder dergl. schnell entfernt oder entlädt. Die relative Stellung des Konduktors zur Kathode ist dabei völlig gleichgültig. Dasselbe lässt sich durch schnelles Nähern eines positiv geladenen Konduktors erreichen. Umgekehrt tritt der auslöschende Effekt ein, wenn man die Temperatur der die Kathodenstrahlen aussendenden Kathode bis nahe an die kritische herunterbringt und nun einen negativ geladenen Konduktor schnell nähert oder einen positiv geladenen schnell entfernt. Diese letzteren Versuche gelangen mit Sicherheit noch, wenn der Abstand des Konduktors von der Kathode etwa 50 cm betrug. Die Wirkung des Funkens der Elektrisirmaschine war jedoch durch die ganze Länge des Zimmers, bis auf 7 m Abstand, zu konstatiren und reicht zweifellos noch viel weiter. Zur Erzielung einer weiteren Wirkung in die Ferne erwies es sich als nützlich, die mit der unwirksamen Elektrode verbundene Leydnerflasche auszuschalten, dagegen an die wirksame Elektrode eine Kapacität, eine grosse Metallfläche oder eine Leydner Flasche anzulegen. Ferner zeigte es sich, dass der Effekt auf eine erheblich grössere Entfernung eintritt, wenn man bei der länglichen Röhre den Teil der Rohrwand, der an der Kathode liegt, mit Stanniol umgibt, das zur Erde abgeleitet ist.

Von Interesse ist noch, dasse jede Wirkung ausblieb, wenn die ganze Wehneltröhre von einem zur Erde abgeleiteten weitmaschigen Drahtkäfig umgeben wurde, der auf einer Staniolunterlage stand.

Die beschriebenen Versuche gelangen an allen drei zur Verfügung stehenden Wehneltröhren. Zwei von diesen hatten die von A. Wehnelt [1] angegebene Formen. Die eine war die kugelförmige, die ausser der drahtförmigen Anode noch eine schräg in den Gang der Kathodenstrahlen gestellte Scheibe zur Demonstration der elektrostatischen Ablenkung besitzt; die andere

---

1) A. Wehnelt, Phys. Zeitschr. **6**. p. 609. 1905.

war die längliche zu Messungen von $\frac{e}{m}$ und v bestimmte Form.

Die dritte Form war die von Herrn Bangert speciell zu seinen Zwecken angewandte Röhre, die von ihm in seiner Dissertation [1]) beschrieben und der vorigen ähnlich ist.

Am bequemsten zu den Versuchen war die kugelförmige Röhre, da für diese bei der Spannung von 65 Volt, wie sie in der hiesigen Institutsbatterie zur Verfügung steht, die kritischen Temperaturen am tiefsten, ungefähr bei heller Rotglut, liegen.

Die beschriebenen Erscheinungen berühren sich vielfach eng mit ähnlichen von Herrn O. Lehmann gemachten Beobachtungen über Hervorrufung und Auslöschung von elektrischen Entladungen und Kathodenstrahlen. (Verh. des Naturw. Vereines Karlsruhe 18. 1904/5).

Herr O. Lehmann fand z. B. u. a., dass ein zur Kathodenstrahlrichtung senkrechtes magnetisches Feld die Strahlen auslöschen kann. Analog wurde hier gefunden, dass der auslösende Effekt ausbleibt bei Vorhandensein eines magnetischen Feldes.

2. Auf der Rückseite der Pt-Kathode austretende Kathodenstrahlen.

An allen drei Röhren wurde beobachtet, dass ausser den von Wehnelt beschriebenen Kathodenstrahlen, die von dem CaO-fleck ausgehen, auch auf der Rückseite der Platinkathode von der dem CaO-fleck genau gegenüberliegenden Stelle ein Kathodenstrahlbündel ausgeht. Dieses hat ungefähr dieselbe Öffnung wie das vorn austretende Kathodenstrahlbündel. Seine Lichtstärke ist ziemlich bedeutend, wenn auch wesentlich geringer als diejenige des vorderen. Es ist bei mässig verdunkeltem Zimmer sehr gut zu sehen, namentlich in der kugelförmigen Röhre. Es ist nicht zu erkennen, ob es von dem CaO-fleck selbst ausgeht, also das etwa 0,1 mm dicke Platinblech

1) K. Bangert, Versuche zum Nachweis der magnetischen Oscillationen an Drähten. Inauguraldissert. Marburg 1907.

durchdringt, oder ob die Rückseite des Platinbleches sein Entstehungsort ist. Im Magnetfeld wird es natürlich entgegengesetzt abgelenkt wie das vordere Kathodenstrahlbündel, sodass dann beide zusammen den Anblick eines S oder einer 8 bieten. Es sollen noch genaue Messungen an diesen rückwärts austretenden Kathodenstrahlen gemacht werden, namentlich über ihre Geschwindigkeit. Dem Augenmass nach ist der Krümmungsradius beider Kathodenstrahlbündel in demselben Magnetfeld annähernd derselbe.

Anhangsweise möge noch folgende Beobachtung mitgeteilt werden, die an der kugelförmigen Röhre gemacht wurde, die die eingeschmolzene Scheibe zur Demonstration der elektrostatischen Ablenkung enthielt.

Ist die Scheibe isolirt, so verschwinden die spontan oder durch Funken erregten Kathodenstrahlen plötzlich, sowie die Temperatur der Kathode unter einen kritischen Minimalwert kommt, nachdem sie unmittelbar oberhalb dieser kritischen Temperatur noch in erheblicher Intensität vorhanden waren. Ganz anders dagegen ist das Verhalten, wenn man die Scheibe, auf welche die Kathodenstrahlen auftreffen, mit der Anode verbindet. Erniedrigt man nun die Temperatur der Kathode langsam, so verschwindet der Kathodenstrahl nicht plötzlich bei der kritischen Temperatur, sondern bleibt auch bei noch tiefer sinkender Temperatur bestehen; seine Intensität nimmt dabei langsam stetig ab, das Leuchten wird immer schwächer, ohne jedoch ganz aufzuhören; schliesslich, wenn die Temperatur schon unter die dunkle Rotglut heruntergegangen ist, wird das Leuchten so schwach, dass es mit dem Auge nicht mehr wahrzunehmen ist, ohne dass man jedoch irgendwie ein plötzliches Verschwinden bemerkt.

Im Zusammenhang hiermit steht folgende Erscheinung. Ist die Temperatur der Kathode so niedrig, dass die Kathodenstrahlen noch nicht spontan entstehen, so treten sie sofort auf,

wenn man mit der einen Hand die Scheibe, die „Antikathode,“ und mit der anderen Hand irgend eine anodischere Stelle des Stromkreises berührt. Da man diese Berührung als plötzliche Annäherung eines positiven Konduktors auffassen kann, so ist die Erscheinung im Einklang mit der Erklärung zu den im ersten Abschnitt beschriebenen Versuchen.

Von Interesse sind ferner noch folgende Beobachtungen: Lädt man in der von Wehnelt angegebenen kugelförmigen Röhre die Scheibe, auf die die Kathodenstrahlen auftreffen, negativ, so wird der Strahl in bekannter Weise in einer Parabel abgestossen. Erniedrigt man nun langsam die Temperatur der Kathode, so wird die Abstossung stärker, der Scheitel der Parabel entfernt sich mehr von der Kathode. Wie Herr Professor Richarz bemerkte, ist der Parabelbogen von einem nach der Kathode hin scharfbegrenzten etwa 0,5 mm breiten schwarzen Schatten durchsetzt, der der Scheibe etwa parallel läuft. Seine Entfernung von der Scheibe beträgt bei hoher Temperatur der Kathode etwa 0,5 cm; mit abnehmender Temperatur der Kathode wird diese Entfernung grösser, die Begrenzung verwaschener; kurz vor dem Verschwinden des Kathodenstrahles beträgt die Entfernung ungefähr 1 cm.

Schliesslich sei noch eine Erscheinung erwähnt, die bereits Herr Bangert beschrieben hat, und sowohl an der länglichen von Wehnelt angegebenen Röhrenform, als auch an der bereits erwähnten für die speciellen Zwecke des Herrn Bangert konstruirten Röhre zu sehen ist. Lenkt man nämlich die ursprünglich auf die kreisscheibenförmige Anode auftreffenden Kathodenstrahlen durch einen Magneten so stark ab, dass sie nicht mehr die Anode treffen, so bildet sich über dieser als Basis eine genau halbkugelförmige bläuliche Lichthaube. (Wahrscheinlich positives Licht.)

Alle diese Erscheinungen werden im Institut noch weiter untersucht.

Sodann trug Herr Dr. A. Wigand (als Gast) vor:

Über die Gültigkeit des Gesetzes von Dulong und Petit.

Das Dulong-Petitsche Gesetz von der Konstanz der Atomwärme ist für den Chemiker zur Bestimmung des Atomgewichts der festen Elemente ein unentbehrliches Hülfsmittel. Wie steht es aber mit seiner strengen Gültigkeit, da es doch offenbar soviele Ausnahmen davon giebt? Oder kommt ihm nur der Wert einer Regel zu, die zwar praktisch innerhalb gewisser Grenzen recht gut brauchbar ist, jedoch nicht den Anspruch erheben kann, ein exaktes Naturgesetz zu sein.

Derartige Zweifel tauchen hin und wieder auf und scheinen immer mehr an Boden zu gewinnen, je mehr neuere Untersuchungen zeigen, dass die spezifische Wärme gar keine Konstante ist, sondern für viele Körper je nach der Temperatur innerhalb weiter Grenzen schwankt.

Der Grundfehler bei solchen Überlegungen liegt aber darin, dass man das Gesetz von der Konstanz der Atomwärme nicht richtig formuliert und ihm zumutet, was es seiner Natur nach überhaupt nicht leisten kann.

Wenn wir im Auge behalten, unter welchen Einschränkungen dieses Gesetz aus der kinetischen Theorie der festen Körper abgeleitet wird,[1]) und wie es dort in seiner prägnanten Formulierung lautet, so ist nicht zu verwundern, dass sich bei dem Versuche, es allgemeiner anzuwenden, neben der grossen Anzahl bestätigender Fälle auch Ausnahmen herausstellen.

Zunächst ist zu beachten, dass man für die festen Körper experimentell die spezifische Wärme bei konstantem Drucke (C_p) bestimmt. Aus der Theorie ergiebt sich aber nur die Atomwärme bei konstantem Volumen:

$$A \cdot C_v = 6{,}012.$$

---

1) F. Richarz, Wied. Ann. **48**. p. 708. 1893; **67**. p. 704. 1899. Naturw. Rdsch. **9**. p. 221 u. 237. 1894; **15**. p. 221. 1900; Limpricht-Festschr., Greifsw. 1900; Sitzungsber. d. Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. zu Marburg **6**. p. 61, 1904; **7**. p. 100. 1905; A. Wigand, Inaug.-Diss. Marburg 1905.

Für $A \cdot C_p$ lässt sich kein bestimmter Zahlenwert allgemein herausrechnen, da die Differenz $(C_p - C_v)$ meist nicht genügend bekannt ist, jedenfalls aber für verschiedene Elemente verschiedene Werte hat. Also kann man schon deshalb nicht einen für alle Elemente gültigen genauen Zahlenwert von $A \cdot C_p$ erwarten.

Wohl aber kann man sagen: Es giebt für jedes Element ein Temperaturintervall, innerhalb dessen es dem Gesetze von Dulong und Petit gehorcht. Zu diesem Schlusse kam bereits H. F. Weber[1]) durch seine wichtigen Versuche über die Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme von C, Si und B. In dem Kurvensystem der beigefügten Tafel ist dies schön zu erkennen. Es ist hier die Atomwärme[2]) als Funktion der Temperatur graphisch dargestellt. Die erforderlichen experimentellen Daten sind zum grössten Teil den Physik.-Chem. Tabellen von Landolt-Börnstein-Meyerhoffer (3. Aufl. 1905) entnommen. Der Gültigkeitsbereich des Gesetzes ist durch zwei vertikale Linien bei den Atomwärmen 6 und 6,5 eingegrenzt. Sie schliessen für jede Kurve etwa das Gebiet ein, innerhalb dessen die Atombewegung in der bei der Richarzschen Theorie vorausgesetzten Weise vor sich gehen kann.

Es ergiebt sich aus der Theorie, dass Elemente mit kleinem Atomgewicht oder kleinem Atomvolumen, zumal aber wenn beides zusammenkommt, das Dulong-Petitsche Gesetz nicht befolgen können, dass ihre Atomwärmen zu klein ausfallen. Das Atomgewicht eines Elementes wird als unveränderliche Konstante angesehen. Das Atomvolumen jedoch nimmt mit steigender Temperatur infolge der thermischen Ausdehnung zu; folgt also, dass solche Elemente (von nicht zu kleinem Atomgewicht), die bei niedriger Temperatur wegen ihres

1) H. F. Weber, Pogg. Ann. 154. p. 367, 553. 1875.

2) Für andere Zwecke ist die seit H. F. Weber und U. Behn (Ann. d. Phys. IV. F. 1. p. 257. 1900) übliche Darstellung der spezifischen Wärme als Funktion der Temperatur günstiger. Vgl. auch A. Wigand, Inaug.-Diss., Marburg 1905; Ann. d. Phys. IV. F. 22. p. 99. 1907.

zu kleinen Atomvolumens unter dem Normalwert der Atomwärme bleiben, bei höheren Temperaturen diesen Wert erreichen können. Das ist in der Tafel z. B. bei *Fe*, *Cu*, *Zn* und *Ag* zu sehn. Elemente von grossem Atomgewicht und relativ grossem Atomvolumen, wie *Pb* und *Bi*, treten schon bei tieferen Temperaturen in den Geltungsbereich ein. Ist das Atomgewicht zusammen mit dem Atomvolumen sehr klein, wie bei *C* und *B*, so erfolgt der Eintritt in den Gültigkeitsbereich erst bei sehr hoher Temperatur.

Für einige Elemente (z. B. *Pb*, *Sn*, *K*, *Na* und *Li*) liegt der Geltungsbereich des Dulong-Petitschen Gesetzes nahe unter dem Schmelzpunkt (oder einem andern Umwandlungspunkt), wo infolge der Umwandlung latente Wärme aufgenommen wird. Diese latente Wärme erklärt es, dass solche Elemente bei höheren Temperaturen Atomwärmen ergeben, die den Normalwert bedeutend überschreiten. Bei der Messung der mittleren spezifischen Wärme ist hier latente Wärme mit eingegangen; die Verhältnisse der Atomenergie sind auch hier, gerade wie bei den Unterschreitungen des Normalwertes für die Atomwärme, komplizierter geworden, als es die Theorie des Dulong-Petitschen Gesetzes annimmt. Die Zuhilfenahme von latenter Wärme wird jedoch nicht in allen Fällen ausreichen, um die grossen Atomwärmen zu erklären.

Hierzu bemerkte Herr F. Richarz, dass die vorstehende sehr verdienstliche Zusammenstellung in der Tat die Erwartungen erfülle, mit denen er Herrn A. Wigand zur graphischen Darstellung der Atomwärme als Funktion der Temperatur veranlasst habe. Es seien aus ihr die Gültigkeitsgrenzen des fraglichen Gesetzes anschaulich erkennbar, und sie führe ihn zu

Erweiterungen seiner Theorie des Gesetzes von Dulong und Petit

I.

Meine Theorie ergibt, wie Herr A. Wigand richtig hervorgehoben hat, Constanz der Atomwärme fester Elemente, und

zwar den Wert 6,012, selbst bei Erfüllung der Voraussetzungen über die Atombewegung doch nur für die spezifischen Wärmen bei constantem Volumen, während die beobachteten Werte diejenigen bei constantem Druck sind, nämlich einfach bei Atmosphärendruck. Diese Werte liegen auch der graphischen Darstellung von Herrn Wigand zu Grunde. Dass die daraus folgenden Atomwärmen auch bei Erfüllung der obigen Voraussetzungen grösser sein müssen als die theoretische 6,012, habe ich bereits in dem ersten Vortrage über meine Theorie vor der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin (Sitzung vom 24. Febr. 1893) hervorgehoben. (Siehe auch Wied. Ann. **48**, pag. 712, 1893). Weiter möchte ich jetzt auf die Abhängigkeit der Differenz der beiden spezifischen Wärmen von der Temperatur aufmerksam machen. Die kinetische Theorie eines „idealen" — wenn ich so sagen darf — festen Elementes verlangt zwar, wie ich a. a. O. gezeigt habe, Constanz der spezifischen Wärme C_v für constantes Volumen. Aber selbst bei erfüllter Constanz von C_v folgt doch aus der Thermodynamik, dass C_p von der Temperatur im Allgemeinen abhängig sei und zwar mit ihr zunehmen wird. Dies geht hervor aus der Formel für die Differenz der beiden spezifischen Wärmen bei beliebigen Körpern, die sich aus dem 2. Hauptsatze der Thermodynamik ergibt. Sie lautet:

$$J \cdot (C_p - C_v) \cdot \frac{\partial v}{\partial p} = -\vartheta \left(\frac{\partial v}{\partial \vartheta}\right)^2$$

Ihre Ableitung siehe z. B. bei Helmholtz, Vorles. über theoretische Physik, Bd. VI, pag. 227. In ihr bedeutet J (zur Erinnerung an J. P. Joule in der Helmholtz'schen Bezeichnungsweise) das mechanische Wärmeäquivalent, v Volumen, p Druck, ϑ absolute Temperatur. Bisher ist diese Formel nützlich nur verwendet worden zur Voraussage, dass für alle Körper $C_p > C_v$ ist; und von mir selbst zur numerischen Berechnung, um wieviel C_p grösser sein kann als C_v. Letztere Berechung hat bei Elementen, für welche die erforderlichen experimentellen Daten bekannt sind, bis zu 4% grössere Werte ergeben. Es folgt aber aus jener

Formel auch, Constanz von C_v wie oben vorausgesetzt, dass C_p allgemein mit der Temperatur wachsen wird. Auf der rechten Seite jener Formel wächst ausser ϑ selbst auch $\frac{\partial v}{\partial \vartheta}$ mit der Temperatur. Denn sein Wert ist gegeben durch den thermischen Ausdehnungscoeffizienten; dieser aber wächst nach den Zahlen in Landolt-Börnsteins Tabellen, 1905, pag. 198 ff., pag. 206/7 fast ausnahmslos bei festen Elementen mit der Temperatur (ausser für Pennsylvanischen Anthracit, für krystallisirtes Tellur zwischen 60° und 100°, sowie nach Fizeau für Zink zwischen 40° und 50° (l. c. pag. 200), während nach Matthiesen (l. c. pag. 207) auch für Zink die thermische Ausdehnung mit wachsender Temperatur steigt. Der selbstverständlich stets negative Wert von $\frac{\partial v}{\partial p}$ ist bestimmt durch die kubische Compressibilität. Direkte Angaben über deren Temperatur-Abhängigkeit bei festen Körpern kann ich in der Literatur nicht finden. Dagegen lässt sich zunächst für einige feste Substanzen aus den Resultaten der Inaugural-Dissertation „Einfluss der Temperatur auf die Elastizität der Metalle“ von N. Katzenelsohn, Berlin 1887, die thermische Veränderung der kubischen Compressibilität C berechnen. Katzenelsohn ermittelt unmittelbar die Veränderung des Torsionsmoduls T und Elastizitätsmoduls E von 0 bis 100°. Beide nehmen ab und zwar T stärker als E (pag. 71 der Diss.). Aus der Formel: $C = (9/E) - (3/T)$ lässt sich durch Differenzieren eine solche für die Änderung von C ableiten: $\delta C = (3\,\delta T/T^2) - 9\,\delta E/E^2)$. Setzt man in sie die Werte von Katzenelsohn (Seite 62 der Dissertation) ein, so erhält man für die kubische Compressibilität fast durchweg Abnahme mit der Temperatur; Zunahme nur bei Gold, legirt mit geringen Beimischungen, welche (pag. 50 und 53 der Dissertation) seine elastischen Eigenschaften aber sehr stark alteriren; und bei Aluminium, für welches die Berechnung bei 100° wegen der grossen elastischen Nachwirkung nur durch sehr unsichere Extrapolation möglich war (pag. 57—59 der Dissertation). Lassen wir die (übrigens ebenfalls im gleichen

Sinne verlaufenden Zahlen für die) Legierungen Neusilber und Messing weg, so ergibt sich aus den Katzenelsohn'schen Resultaten Abnahme der kubischen Compressibilität mit steigender Temperatur für Platin, Eisen, Silber. Statt der unzuverlässigen Zunahme für Gold und Aluminium geht aus den Daten anderer Beobachter ebenfalls Abnahme hervor. Es hat nämlich weiterhin Clemens Schaefer (siehe Landolt-Börnsteins Tabellen 1905, pag. 43) für Aluminium, Eisen, Kupfer, Nickel, Palladium, Platin, Silber dieselben Grössen wie Katzenelsohn gemessen; seine Resultate lassen für die ersteren 6 Substanzen Abnahme der kubischen Compressibilität mit Temperaturerhöhung in der obigen Weise berechnen; nur für Silber Zunahme, wofür Katzenelsohn aber auch Abnahme fand. Sodann haben Gray, Blyth und Dunlop (L.-B.'s Tabellen, pag. 45) von Elementen für Eisen nnd Kupfer die erforderlichen Messungen gemacht, deren Verwertung ebenfalls Abnahme der kubischen Compressibilität bei steigender Temperatur ergibt. Bei gezogenem Kupfer jedoch ergibt die Berechnung Zunahme; Ziehen verändert die elastischen Eigenschaften, wie die Zahlen jener Beobachter zeigen, sehr; die Werte für das gezogene Metall können nicht als normale betrachtet werden. Endlich kann man noch Werte für E, δE, T, δT von verschiedenen Beobachtern zur Berechnung combiniren. So bei Blei Werte für E und δE von Wertheim (L.-B.'s Tabellen pag. 44) mit denen für T und δT von Clemens Schaefer; bei Gold Werte für E und δE von Wertheim mit denen für T von Voigt (L.-B.'s Tabellen pag. 45) und für δT von Katzenelsohn oder Clemens Schaefer; bei Zink Werte von dem letzteren für E, T, δT mit dem für δE von Ant. Wasmuth, Sitz.-Ber. d. Wiener Akad. **115,** p. 223, 1906. Diese Berechnungen für Blei, Gold, Zink ergeben dann ebenfalls Abnahme der Compressibilität bei Erwärmung, welches Verhalten also jedenfalls die Regel bildet.

Kehren wir zu der obigen Formel auf Seite 188 zurück, so finden wir also Zunahme beider Faktoren der rechten Seite,

Abnahme des absoluten Wertes von $\partial v/\partial p$ auf der linken Seite mit steigender Temperatur. Constanz von C_v aus den kinetischen Gründen angenommen, folgt also Zunahme von C_p mit der Temperatur bei festen Elementen, wie in der Tat die Tafel von Herrn A. Wigand zeigt. Die Grösse dieser Zunahme soll fernerhin, soweit die Daten dazu vorliegen, berechnet werden.

Auf einen Umstand möge aber schon jetzt hingewiesen werden. Die obige Differentialformel für δC auf Seite 189 zeigt, dass bei grossen Werten für δT cet. par. auch gleichsinnige grosse Werte für δC zu erwarten sind. Nach dem Vorhergehenden ist dann auch starke Zunahme der spezifischen Wärme mit der Temperatur zu vermuten. Nun fallen in der Tafel von Herrn Dr. A. Wigand die stark geneigten Kurven für Kalium, Natrium und Lithium auf. Gerade die Alkalimetalle haben aber nach den Messungen von Clemens Schaefer auch die grössten Werte von δT unter allen von ihm untersuchten Substanzen. Nach dem Auseinandergesetzten ist daher zu vermuten, dass für sie die starke Zunahme von C_p mit der Temperatur in starker Abnahme der kubischen Compressibilität mit dieser ihre Erklärung findet.

II.

Im Vorstehenden ist entsprechend den Resultaten meiner Theorie des Gesetzes von Dulong und Petit Constanz von C_v für einen „idealen“ festen Körper angenommen worden. Die dazu führende Ableitung aus dem Virialsatz soll nun noch zu verallgemeinern versucht werden. Die Ableitungen, auf die ich mich beziehe, finden sich auf Seite 710 und 711 in Wied. Ann. 48, 1893. Ihre Voraussetzungen sind, dass die Wärmebewegung eines Atoms eines festen Körpers in unregelmässigen Oscillationen um eine Lage stabilen Gleichgewichts besteht. Die Kraft welche das Atom in diese Lage zurückzuführen bestrebt ist, ist die Resultante der von den Nachbaratomen ausgeübten Kräfte. Die Lage des betrachteten Atoms sei charakterisirt durch die

Coordinaten xyz seines Schwerpunktes bezogen auf die in der Lage stabilen Gleichgewichts als Anfangspunkt. Streng genommen verändert sich die Gleichgewichtslage eines Atoms fortwährend infolge der Bewegung der benachbarten Atome. Die mittlere Gleichgewichtslage aber bleibt unverändert (l. c. pag. 710, Anm. 2). Die damals gemachte Voraussetzung, die Atome als materielle Punkte betrachten zu dürfen, sollte nur den Sinn haben, dass die Atome sich wie starre Körper bewegen und innerhalb des Atoms keine rotatorische oder andere Energie besitzen, bezw. diese Energien nicht verändern sollten. Bei Entwickelung in eine Potenzreihe nach xyz ergab sich dann für die potentielle Energie φ der auf das Atom während seiner Bewegung wirkenden Kräfte der Nachbarn im Mittel:

$$\overline{\varphi} = \overline{F_2} + \overline{F_3} + \overline{F_4} + \ldots.$$

wo die Funktionen F_n homogen nten Grades nach xyz waren, und wo die Balken die Mittelwerte über eine lange Zeit genommen bedeuten. Nach dem Clausius'schen Satz vom Virial folgte alsdann für die mittlere lebendige Kraft des Atoms:

$$\overline{L} = \overline{F_2} + \frac{3}{2}\overline{F_3} + 2\overline{F_4} + \ldots.$$

Für die gesammte mittlere Energie des Atoms folgt:

$$\overline{E} = \overline{\varphi} + \overline{L} = 2\overline{L} - \frac{1}{2}\overline{F_3} - \overline{F_4} - \ldots - \left(\frac{n}{2} - 1\right)\overline{F_n} - \ldots$$

Ein „idealer“ fester Körper wäre nun ein solcher, bei dem die Verrückungen des Atom-Schwerpunkts aus der Gleichgewichtslage immer nur klein bleiben gegenüber den Abständen des betrachteten Schwerpunktes von den Schwerpunkten der benachbarten Atome. Wie ich damals zeigte, können dann die F_3, F_4 .... vernachlässigt werden; es folgt $\overline{E} = 2\overline{L}$ und man gelangt zur Gültigkeit des Gesetzes von Dulong und Petit für C_v mit dem Werte $A \cdot C_v = 6{,}012$.

Führen wir jetzt aber die für einen „idealen“ festen Körper gemachten Voraussetzungen nicht ein, so können wir noch folgendes ableiten. Wenn N die Zahl der Atome im Grammatom-

gewicht A bedeutet, also eine absolut constante und für alle Substanzen gleiche Zahl, so wird die Energie des Grammatomgewichtes A:

$$N \cdot \overline{E} = 2\,N\overline{L} - \frac{N}{2}\,\overline{F_3} - N \cdot \overline{F_4} - \dots$$

Dabei ist Constanz des Volumens vorauszusetzen; denn sonst müsste noch berücksichtigt werden der Energieaufwand für Überwindung der Cohäsionskräfte der Atome untereinander bei der Vermehrung ihrer gegenseitigen Abstände. Dieser Energieaufwand bedingt bei festen Körpern und Flüssigkeiten $C_p > C_v$, während bei ihnen die Arbeit gegen den etwaigen äusseren Druck nur untergeordnet in Betracht kommt.

Die lebendige Kraft je eines Atomes $\overline{L}$ ist unabhängig von der Natur der betrachteten Substanz. Für ein einatomiges Gas ist $N\overline{L}$ die innere Energie des Grammatomgewichtes, also gleich der inneren Energie U der Masseneinheit multiplicirt mit dem Atomgewicht:

$$N\overline{L} = AU.$$

Der Wert von U ist (siehe z. B. Helmholtz, Vorlesungen, Bd. VI, pag. 405, § 97):

$$U = J \cdot c_v \cdot \vartheta.$$

Also bei einem einatomigen Gase

$$N \cdot \overline{L} = A \cdot J \cdot c_v \cdot \vartheta.$$

Wie ich früher (z. B. Wied. Ann. **67**, pag. 705, 1899) berechnet habe (siehe auch die sehr interessante Beziehung bei M. Planck, Theorie der Strahlung, Leipzig 1906, pag. 147), ist für ein einatomiges Gas die Atomwärme:

$$A \cdot c_v = 3{,}006.$$

Mithin wird

$$N\overline{L} = 3{,}006 \cdot J \cdot \vartheta$$

und bei einem festen Element die Energie des Grammatomgewichtes:

$$N \cdot \overline{E} = 6{,}012 \cdot J \cdot \vartheta - \frac{N}{2} \cdot \overline{F_3} - N \cdot \overline{F_4} - \dots .$$

woraus durch Differentiation nach ϑ:

$$\frac{dN\cdot\overline{E}}{d\vartheta} = 6{,}012 \cdot J - N \cdot \frac{d}{d\vartheta}\left(\frac{\overline{F}_3}{2} + \overline{F}_4 + \ldots\ldots\right)$$

Die linke Seite bedeutet das mechanische Aquivalent der dem Grammatom bei constantem Volumen pro Grad zuzuführenden Wärmemenge, also $J \cdot A \cdot C_v$, und es wird daher:

$$\mathrm{A} \cdot C_v = 6{,}012 - \frac{N}{J} \cdot \frac{d}{d\vartheta}\left(\frac{\overline{F}_3}{2} + \overline{F}_4 + \ldots\ldots\right)$$

Dies wäre der erweiterte theoretische Ausdruck des Dulong-Petitschen Gesetzes für die Atomwärme eines festen Elementes. Er lässt sich noch ein wenig vereinfachen. $\overline{F}_3$ wird nämlich verschwinden, wenn nicht irgend eine Richtung, in welcher sich das Atom aus seiner Gleichgewichtslage entfernen kann, bevorzugt sein würde gegenüber der gleichen aber entgegengesetzten Richtung. Eine solche Bevorzugung kann man schwerlich annehmen. Bei ihrem Ausschluss werden die Mittelwerte aller Glieder von $\overline{F}_3$ einzeln verschwinden. Denn sie sind alle dritten Grades nach x, y, z, sodass — bei gleichmässigem Vorkommen positiver und negativer Werte von x, y, z selbst — auch die Mittelwerte aller Ausdrücke dritten Grades verschwinden müssen. Bleibt also:

$$A \cdot C_v = 6{,}012 - \frac{N}{J} \cdot \frac{d\overline{F}_4}{d\vartheta}$$

als nächste Erweiterung, wenn das Glied mit F_6 nunmehr vernachlässigt wird; denn $\overline{F}_5$ wird aus demselben Grunde verschwinden, wie $\overline{F}_3$.

Welchen Wert nun aber das Glied annehmen wird, das gegenüber der Theorie eines „idealen“ festen Körpers hinzugetreten ist, kann erst nach genauerem Eingehen auf die Kräfte gesagt werden, welche zwischen den einzelnen Atomen wirksam sind. Zunächst ist nicht zu ersehen, weshalb nicht dieses Glied ebensowohl positiv wie negativ sein könnte. Ferner werden die Kräfte der Nachbaratome auf das betrachtete Atom mit der Temperatur sich sehr wohl in der Weise ändern können, dass $d\overline{F}_4/d\vartheta$

auch seinerseits noch Funktion von ϑ ist. In diesem Falle würde auch C_v von der Temperatur abhängig werden, und diese Abhängigkeit würde hinzutreten zu derjenigen, die für $(C_p - C_v)$ aus den im obigen Abschnitt I auseinandergesetzten Gründen folgt; beide Ursachen machen sich dann in dem experimentell beobachten C_p geltend.

Auf die in meinen früheren Arbeiten angestellten und bestätigt gefundenen Überlegungen, die Ausnahmen vom Gesetz von Dulong und Petit betreffend, welche Überlegungen teilweise in vorstehenden Erweiterungen der Theorie implicite mit enthalten sind, soll hier nicht nochmals näher eingegangen werden.

— Nachtrag bei der Korrektur. — Im soeben erschienenen Januarheft der Annalen der Physik veröffentlicht Herr A. Einstein eine sehr interessante Arbeit über die Plancksche Theorie der Strahlung und die Theorie der spezifischen Wärme, welche anknüpft an die Beziehungen zwischen beiden, die auch ich oben (pag. 193) nach Plancks Werk bereits citirte. Herrn A. Einsteins molekular-kinetische Überlegungen sind insofern beschränkter gegenüber den meinigen, als er lediglich Sinusschwingungen der Atome annimmt, während der Virialsatz in seiner Allgemeinheit auch Abweichungen hiervon zulässt. Gerade dadurch bin ich auf den Einfluss von Atomgewicht und Atomvolumen geführt worden, insbesondere auf den Einfluss des Zusammentreffens kleiner Werte beider bei Beryllium, Bor und Kohlenstoff in erster Linie; Magnesium, Aluminium, Silicium, Phosphor und Schwefel in zweiter Linie. Herr A. Einstein gibt aber für Isolatoren einen neuen möglichen Gesichtspunkt zur Erklärung von Werten der Atomwärme, die vom normalen des Gesetzes von Dulong und Petit abweichen. Die von ihm hervorgehobene Ursache kann in gewissen Fällen jene Abweichungen bedingen; in anderen Fällen die von mir aus meiner Theorie gefolgerten und bestätigt gefundenen. Bei dem heuristen Wert und dem Erfolg

in Bezug auf Bestätigung von Consequenzen, die ich mit meiner Theorie gefunden und noch fortgesetzt finde (s. die folg. Mitt. v. Herrn Wigand), werde ich in meiner Betrachtungsweise fortfahren, neben welcher, unabhängig von ihr, auch die Betrachtung etwaiger Eigenschwingungen schwingungsfähiger Elementarquanten in einzelnen Fällen zweifellos zu interessanten Resultaten führen kann.

Herr Dr. A. Wigand sprach weiter noch:

Über die Allotropie beim Zinn und Schwefel.

In der Novembersitzung des vorigen Jahres[1]) trug Herr Prof. Richarz vor über Konsequenzen, die sich aus seiner Theorie des Dulong-Petitschen Gesetzes ergeben hatten und deren Bestätigung den Inhalt meiner Doktorarbeit[2]) bildete. Das Wichtigste war die Regel, dass für allotrope Modifikationen eines Elementes die spezifischen Wärmen um so grösser sind, je kleiner die spezifischen Gewichte sind.

Diese Regel fand sich überall bestätigt ausser beim Zinn. Es wurde jedoch schon vermutet, dass die bisher bekannte spezifische Wärme des grauen Zinns deshalb unzuverlässig sei, weil die Temperatur, bei der sich graues Zinn in weisses umwandelt, wesentlich überschritten worden war.

Dass die weisse Form die dichtere ist, steht durch mehrere Bestimmungen fest und ist auch dadurch ganz augenfällig, dass weisses Zinn bei der Umwandlung in die graue Form auf seiner ursprünglich glatten Oberfläche Hebungen entwickelt und so an Volumen zunimmt (Demonstration von Abbildungen). Für die spezifische Wärme zwischen 0^0 und 100^0 fand jedoch Bunsen[3]):

---

1) F. Richarz, Sitzungsber. der Ges. zur Bef. der ges. Naturw. 7. p. 100. 1905.

2) A. Wigand, Inaug.-Diss. Marburg 1905; Ann. der Physik IV. F. 22. p. 64 u. 99. 1907.

3) R. Bunsen, Pogg. Ann. **141**. p. 27. 1870.

$$\bar{c}_{0-100} = 0{,}0559 \; . \; . \; . \; . \; . \; \text{weiss}$$
$$= 0{,}0545 \; . \; . \; . \; . \; . \; \text{grau}$$

Der Wert für weisses Zinn ist von anderen Beobachtern und mir bestätigt worden. Für graues Zinn habe ich neue Bestimmungen gemacht und ein wesentlich anderes Resultat als Bunsen gefunden: Auch beim Zinn hat die spezifisch leichtere, graue Modifikation eine grössere spezifische Wärme als die dichtere, weisse Form.

Das graue Zinn ist nur unterhalb + 20° beständig und wandelt sich bei Überschreitung dieser Temperatur leicht in das weisse um. Der Bunsensche Wert für die spezifische Wärme ist daher unzuverlässig; denn bei der Erwärmung bis auf 100° ist der Umwandlungspunkt wesentlich überschritten worden. Die spezifische Wärme, die Bunsen für dieses „allotrope" Zinn fand, kommt der für weisses Zinn auch sehr nahe.

Der umgekehrte Prozess, die Verwandlung des weissen in das graue Zinn unterhalb 20°, geht nicht so leicht von statten und bedarf meist längerer Zeit. Das Optimum der Umwandlung ist — 48°.

Der Güte von Herrn Prof. K. Schaum verdanke ich das zu meinen Versuchen benutzte graue Zinn. Es war reines Zinn, hellgrau, glanzlos und von stänglichkörniger Beschaffenheit. Bei einer ersten Versuchsreihe beschränkte ich mich darauf, das Präparat mehrere Tage lang auf — 20° abzukühlen, und bestimmte dann seine spezifische Wärme zwischen 0° und 41°; denn ich nahm auf Grund einiger Angaben der Literatur an, dass bei einer nicht allzu starken Überschreitung des Umwandlungspunktes die Beständigkeit der grauen Modifikation nicht sehr gefährdet sei, zumal wenn sie von Spuren weissen Zinnes frei war. Ich fand jedoch für die spezifische Wärme einen Wert ($\bar{c}_{0-41} = 0{,}0528$), der noch kleiner ist als der Bunsensche, sich ihm aber gut anreiht, wenn man die verschiedenen Temperaturbereiche beachtet; denn die spezifische Wärme wächst im allgemeinen mit steigender Temperatur. Das Ergebnis dieser ersten Versuche ist auch geradeso wie Bunsens Resultat zu bewerten.

Um ganz sicher zu sein, dass das untersuchte graue Zinn kein weisses enthalte, unterzog ich es vor einer zweiten Versuchsreihe einer längeren Vorbehandlung. Das Präparat wurde mehrere Stunden lang zuerst in einer $CaCl_2$-Eismischung auf -35^0, sodann in einer CO_2-Äthermischung auf -77^0 abgekühlt. Nachdem es sich darauf 2 Stunden in flüssiger Luft (-188^0) befunden hatte, bewahrte ich es schliesslich fast 8 Monate lang im Salzwasser einer Ammoniakeismaschine (-6^0) der Boppschen Brauerei auf. Nach dieser Behandlung war das Zinn schwarzgrau, matt (beim Zerreiben mit dem Messer schwarzglänzend wie Graphit) und von körniger Beschaffenheit. Zur Bestimmung seiner spezifischen Wärme erwärmte ich es nicht über den Umwandlungspunkt und fand den Wert:

$$\bar{C}_{0-18} = 0{,}05895,$$

der sich der Richarzschen Regel fügt.

Zur Kontrolle wurde noch die spezifische Wärme des durch Umschmelzen aus dem grauen Zinn entstandenen weissen Zinnes bestimmt und in Übereinstimmung mit früheren Beobachtern zu: $\bar{C}_{0-21} = 0{,}05417$ gefunden.

Die spezifische Wärme des roten Phosphors und der kristallisierten Schwefelformen habe ich von neuem untersucht, wobei auch auf die Temperaturabhängigkeit besonders geachtet wurde. Die bisherigen Zahlen wurden dadurch etwas modifiziert, ohne dass sich jedoch das bestätigende Verhalten dieser Elemente zur Richarzschen Regel geändert hätte[1]):

Substanz	Modifikation	Spez. Gewicht	Spez. Wärme	Temperatur (zur spez. W.)
Phosphor	rot	2,296	0,1829	0—51
	gelb	1,828	0,202	13—36
Schwefel	rhombisch	2,06	0,1728	0—54
	monoklin	1,96	0,1809	0—52

1) Ausführliche Mitteilung: A. Wigand, Preisarbeit, Abhandl. der Société Batave, Rotterdam 1906, W. J. van Hengel; Ann. d. Phys. IV. F. 22, p. 64. 1907.

Ausser den kristallisierten kennt man zwei bei gewöhnlicher Temperatur amorphe Schwefelmodifikationen: 1) die in Schwefelkohlenstoff (CS_2) lösliche, die als unterkühlter Schmelzfluss des kristallisierten Schwefels anzusehen ist; 2) die in CS_2 unlösliche, die sich beim Erhitzen des Schmelzflusses bildet und sich auch bei niederer Temperatur längere Zeit hält. Auch für diese Modifikationen stehen nach meinen früheren Untersuchungen Dichte und spezifische Wärme im umgekehrten Verhältnis.[1])

Die neueren Arbeiten von Smith, Holmes und Hall sowie von Hoffmann und Rothe haben zusammen mit den älteren Untersuchungen von Schaum und Küster die merkwürdigen Eigenschaften des flüssigen und amorphen Schwefels bis zu einem gewissen Grade aufgeklärt.[2])

Die beobachteten Erscheinungen sind folgende: Erwärmt man den flüssigen Schwefel von seinem Erstarrungspunkte an, der nach der neusten Bestimmung von Smith und Holmes bei 119,25° liegt, allmählich bis zu seinem Siedepunkte (448°), so beobachtet man eine andauernde Änderung seiner Eigenschaften. Die Farbe geht von gelb in braunrot über, die Viskosität ändert sich von der Leichtflüssigkeit bis zur Zähigkeit; bei etwa 160° ist deutlich eine starke Wärmeabsorption sowie eine Unstetigkeit in der Ausdehnung zu bemerken. Wenn man ferner den flüssigen Schwefel in kaltem Wasser (oder noch besser in abgekühltem Alkohol) abschreckt, so erhält man den plastischen Schwefel, der aus zwei Teilen besteht, einem in CS_2 löslichen

---

1) F. Richarz, l. c. p. 109. A. Wigand, Inaug.-Diss. Marburg 1905; Ann. d. Phys. IV, F. 22, p. 64. 1907; daselbst auch Näheres über Darstellung und Untersuchung des amorphen Schwefels.

2) K. Schaum, Ann. d. Chem. **300**. p. 208. 1898; **308**. p. 18. 1899; die Arten der Isomerie, Habilitationsschr. p. 52. Marburg 1897; F. W. Küster, Zeitschr. f. anorg. Chem. **18**. p. 365. 1898; F. Hoffmann u. R. Rothe, Zeitschr. f. Instrumentenk. **25**. p. 273. 1905; Zeitschrift f. phys. Chem. **35**. p. 113. 1906; A. Smith, W. B. Holmes u. E. S. Hall, Chem. Ber. **35**. p. 2992. 1902; Zeitschr. f. phys. Chem. **42**. p. 469. 1903; **52**. p. 602. 1905; **54**. p. 257. 1906; Beibl. **29**. p. 921. 1905.

und einem unlöslichen. Das Mengenverhältnis dieser beiden Bestandteile im plastischen Schwefel ist abhängig von der Höhe und Dauer der Erhitzung des flüssigen Schwefels und von der Art der Abkühlung. Je höher und länger man den flüssigen Schwefel erhitzt, und je plötzlicher und stärker man ihn abkühlt, desto grösser wird der Gehalt des plastischen Schwefels an unlöslichem.

Nach der heutigen Auffassung ist der amorphe feste Zustand identisch mit dem flüssigen. Ein amorpher Körper wie der plastische Schwefel ist anzusehen als eine Flüssigkeit mit sehr grosser innerer Reibung. Ein bestimmter Schmelzpunkt lässt sich gar nicht beobachten, sondern der Übergang verläuft stetig bei allmählicher Änderung der inneren Reibung. Man kann selbstverständlich nie beobachten, dass sich ein amorpher Körper etwa wie ein Kristall im unterkühlten Schmelzflusse ausscheidet und weiter wächst, da ja hier feste und flüssige Phase identisch sind.[1]) Die kristalline Erstarrung ist ein mit unstetiger Energieänderung verlaufender Vorgang, wobei wahrscheinlich die Moleküle selbst durch Assoziation umgewandelt werden. Dabei bilden sich einzelne feste Ausscheidungen um Kristallisationskerne herum, die dann in der unterkühlten Schmelze weiter wachsen. Bei der amorphen Erstarrung dagegen wird die Flüssigkeit als Ganzes allmählich fest; eine regelmässige Molekülanordnung wie bei Kristallen kommt nicht zustande.

Durch die Lösungsversuche ist es erwiesen, dass der plastische Schwefel, und also auch der flüssige, kein chemisches Individuum ist. Es bildet sich mit steigender Temperatur im flüssigen Schwefel aus dem Schmelzflusse ($S\lambda$) unter Wärmeaufnahme eine chemisch isomere Modifikation $S\mu$ von anderm Molekulargewicht, wie man annimmt, durch Dissoziation. Diese Form $S\mu$ ist durch ihre Unlöslichkeit in CS_2, ihre braunrote Farbe

1) Vom unterkühlten Schmelzflusse ist die übersättigte Lösung zu unterscheiden; bei letzterer sind die Erscheinungen anders.

und grössere Viskosität charakterisiert und stellt eine energiereichere Form des Schwefels dar. Wir haben hier den Fall der Gleichgewichtsisomerie. Die beiden flüssigen Formen haben keinen Umwandlungspunkt im gewöhnlichen Sinne, sodass oberhalb desselben die eine Form, unterhalb die andre stabil wäre. Die in CS_2 unlösliche Form $S\mu$ tritt nicht etwa bei einer bestimmten Temperatur plötzlich auf; sie bildet sich vielmehr bereits gleich oberhalb des Schmelzpunktes in geringen Mengen und nimmt auf Kosten der Form $S\lambda$ mit steigender Temperatur zu. Für jede Temperatur stehen ganz bestimmte Mengen der beiden Modifikationen im Gleichgewicht.

Durch die bei 160° beobachteten Unstetigkeiten in der Wärmeaufnahme, Ausdehnung, Farbenänderung und Zähigkeitsänderung ist auf eine nur beschränkte Löslichkeit der beiden flüssigen Modifikationen in einander geschlossen worden. Es lassen sich thatsächlich durch Abkühlen hocherhitzten Schwefels zwei Phasen zeigen, die sich bei 160° unter Schichtbildung trennen. Smith, Holmes und Hall erklären diesen scheinbaren Umwandlungspunkt so: Unterhalb 160° ist die Form $S\lambda$ im Überschuss und enthält $S\mu$ gelöst. Bei 160° ist diese Lösung gesättigt; wegen der nur beschränkten Mischbarkeit scheidet sich $S\mu$ aus, und als neue Phase tritt eine Lösung von $S\lambda$ in der überschüssigen Form $S\mu$ auf.

Dem steht allerdings gegenüber, dass Hoffmann und Rothe Beobachtungen gemacht haben, die für eine (an sich schon wahrscheinlichere) unbegrenzte Löslichkeit der beiden flüssigen Formen in einander sprechen. Sie konnten nämlich bei genügend langsamem Temperaturgang aufwärts wie abwärts keine Unstetigkeiten bei dem scheinbaren Übergangspunkte nachweisen. Nach ihren theoretischen Überlegungen ist die bei schnellerem Temperaturgange beträchtliche Trägheit der Reaktion wahrscheinlich der Grund für die gewöhnlich beobachteten Unstetigkeiten.

Weitere Untersuchungen über diese Frage müssen noch entscheiden, ob die Auffassung von Hoffmann und Rothe durch-

führbar ist. Es wäre zu wünschen, dass einmal spezifische und latente Wärme zwischen Erstarrungspunkt und Siedepunkt einwandfrei gemessen würde.

Wie ich nachträglich erfahre, hat Herr J. Heinrichs in Bonn (Inaug.-Diss. 1906) die spez. Wärme des flüssigen Schwefels bis 320° aufwärts neu untersucht. Er findet (ebenso J. Dussy, Landolt-Börnstein-Meyerhoffer 1905 p. 386), dass die spez. Wärme des flüssigen Schwefels oberhalb 250° im Vergleich mit der des tiefer temperierten abnimmt. Das erklärt sich, wie ich direkt gefunden habe, dadurch, dass die spez. Wärme von $S\mu$ kleiner ist als die von $S\lambda$. Eine stärkere Änderung in der Wärmeaufnahme bei 160° macht sich in den Resultaten der Tabelle von Herrn Heinrichs (p. 43) kaum bemerkbar. Leider ist der Wert seiner Resultate dadurch herabgesetzt, dass (wie er selbst auf p. 45 und 53 bemerkt) infolge des jedesmaligen Abkühlens auf 0° im Eiskalorimeter Umwandlungswärmen mit zur Messung gekommen sein konnten. Auch hat sicherlich amorpher unlöslicher Schwefel in den Präparaten störend gewirkt, weil dessen spez. Wärme grösser ist als die des kristallisierten Schwefels. Dasselbe gilt wohl auch für die Bestimmungen der spez. Wärme des kristallisierten Schwefels. — Für roten Phosphor findet Herr Heinrichs eine auch von mir beobachtete auffallend geringe Temperaturabhängigkeit der spez. Wärme oberhalb 140°.

Auch weitere quantitative Versuche über die Löslichkeit des flüssigen Schwefels in demselben Temperaturbereiche würden aufklärend wirken. Dazu müsste ein noch über 160° flüssiges Lösungsmittel gewählt werden, das (wie CS_2) die beiden Bestandteile trennt, ohne dass man den flüssigen Schwefel erst abkühlen müsste. Smith, Holmes und Hall haben die Löslichkeit in Triphenylmethan und einigen andern, die beiden Formen nicht trennenden, Lösungsmitteln untersucht und gefunden, dass auch die Löslichkeitskurven beim Umwandlungspunkte unstetig werden.

Die Phasentrennung bei 160° kann man auch objektiv demonstrieren. Man erhitzt flüssigen Schwefel in einem Reagenz-

rohr über 160°, bis er die braunrote Farbe angenommen hat, und lässt ihn dann an der Luft erkalten. Da am unteren Teile des Rohres die Abkühlung infolge der grösseren Oberfläche stärker ist, geht hier die Umwandlung in die gelbe Form zuerst vor sich. Es bildet sich eine deutliche Trennungsfläche (wie ein Meniskus) zwischen den beiden Phasen aus, die langsam nach oben wandert, bis die ganze Masse in die gelbe Form umgewandelt ist. (Demonstration.) Die Erscheinung ist auch bei stark vergrössernder Projektion auf einen weissen Schirm gut zu sehen. Lässt man kurz, nachdem sich die Phasen getrennt haben, ein Stückchen Eisendraht in das Rohr fallen, so sinkt es zunächst in der zähen oberen Schicht sehr langsam, um sofort nach Erreichung der Trennungsfläche rasch herabzufallen. (Demonstration.)

Für die Molekulargewichte der beiden flüssigen Formen ist man noch nicht zu übereinstimmenden Resultaten gelangt. Es lässt sich die Raoult-van't Hoff'sche Methode anwenden, indem man die Erniedrigung des Erstarrungspunktes von $S\lambda$ durch darin gelösten $S\mu$ bestimmt. Doch ist die Anwendung dieser Methode hier mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft, da sich während des Erkaltens bei der Gefrierpunktsbestimmung und besonders in der Zeit bis zum Extrahieren mit CS_2 die unlösliche Form $S\mu$ z. T. in löslichen Schwefel zurückverwandeln kann.

Diese (von Einigen bestrittene) Umwandlungsfähigkeit der unlöslichen amorphen Form ($S\mu$) in löslichen Schwefel ist durch Versuche bestätigt[1]). Ich fand, dass gealterter „unlöslicher Schwefel" nach 20 Tagen nur noch 89,8% wirklich unlöslichen Schwefel enthielt (durch Extraktion mit CS_2 isolierter $S\mu$), nach 2 Jahren nur noch 29,6%. Schaum[2]) hält dies auch theoretisch für ganz gut denkbar. Es bildet sich infolge der Gleichgewichtsisomerie bei längerem Aufbewahren zunächst ein Lösungsgleichgewicht zwischen der Form $S\mu$ und der gewöhnlichen Form heraus; denn der amorphe Schwefel ist immer noch als Flüssigkeit, wenn auch mit grosser

1) Vgl. auch W. Ostwald, Lehrb. d. allg. Ch. II. 2. p. 457.

2) K. Schaum, Ann. d. Ch. 308. p. 28. 1899.

innerer Reibung, aufzufassen. Wenn das Gebilde inbezug auf den kristallisierten Schwefel übersättigt ist, kann dieser sich ausscheiden und so der unlösliche amorphe Schwefel ($S\mu$) schliesslich ganz in die lösliche kristallisierte Form übergehen.

Damit beim Abkühlen des flüssigen Schwefels überhaupt unlöslicher Schwefel entsteht, ist (nach Versuchen von Smith und Holmes) die Anwesenheit von SO_2 und SO_3 notwendig. In jedem Schwefelpräparat bilden sich von selbst Spuren dieser Oxyde. Hat man sie durch Einleiten von NH_3 oder anderen Gasen entfernt, so enthält das abgeschreckte Präparat keinen unlöslichen Schwefel. Die beschriebenen Vorgänge beim Erhitzen des flüssigen Schwefels werden jedoch durch die Entfernung der Oxyde nicht beeinflusst.

Herr F. Richarz: Nach allen physikalischen Eigenschaften scheint es mir wahrscheinlich, dass die bei höherer Temperatur beständigere flüssige Modifikation $S\mu$ eine endotherme, mehr Atome in der Molekel enthaltende ist, im Vergleich mit der bei niederer Temperatur beständigeren $S\lambda$. Dafür spricht die grössere Dichtigkeit und grössere Viskosität, sowie die Unlöslichkeit von $S\mu$. Hat Herr College Schaum nicht noch auf andere Weise die Zal der Atome in der Molekel bei beiden Modifikationen zu bestimmen versucht?

Herr K. Schaum: Ich habe früher daran gedacht, auf Grund meiner Beobachtungen über die zeitlichen Frierpunktsänderungen des Schwefels das Molekulargewicht der gelösten amorphen Form zu bestimmen, und zwar durch Prüfung der Integralfunktionen, welche sich aus den Differentialgleichungen für die in Betracht kommenden Reaktionsformeln ergeben, habe jedoch rechnerischer Schwierigkeiten wegen davon abgesehen.

Aus welchem Grund übrigens meine Versuche, wie Smith und Holmes behaupten, nicht zu der Annahme ausreichen, dass der Frierpunkt proportional der Menge des gelösten Stoffes erniedrigt werde — was doch in verdünnten Lösungen fast immer der Fall ist — kann ich nicht recht einsehen. Eine endotherme Assoziation zu Molekeln mit mehr als 8 Atomen halte ich in Übereinstimmung mit Herrn Professor Richarz für sehr wohl möglich.

Die Auffassung des Herrn Vortragenden über die Natur der beiden amorphen Schwefelmodifikationen teile ich vollkommen. Es ist auffallend, dass die Interpretation des amorphen Zustandes als „Flüssig mit grosser innerer Reibung“ von zahlreichen Forschern auch heute noch abgelehnt wird. Ebenso ist es mir nicht verständlich, warum O. Lehmann den amorphen Körpern die Möglichkeit des Fortwachsens in übersättigter Lösung abspricht. Krystalle und Gasblasen wachsen in ihrer übersättigten Lösung; Krystalle und Flüssigkeitstropfen in ihrem übersättigten Dampf; aus welchem Grund sollen amorphe flüssige und feste Partikel die Wachsthumsfähigkeit aus Lösungen nicht besitzen? Dass ihnen diese tatsächlich zukommt, beweist u. a. deutlich das Grobkörnigwerden amorpher Niederschläge (z. B. Reifung des Bromsilbers); ein Zusammenfliessen kleinster Tröpfchen ist hier ausgeschlossen; auch eine Flockung ist oft völlig unmöglich (z. B. Reifung von Bromsilbergelatine in der Kälte).

Ferner teilte Herr M. Seddig mit:

Beobachtungen an seismischen Wellen und Schlussfolgerungen.

Ich möchte mir erlauben eine kurze vorläufige Mitteilung zu machen über eine eventuelle Methode seismische Wellen zu benutzen um einigen Aufschluss über die Beschaffenheit eines Bergmassivs, eines Untergrundes u. s. w. zu erhalten.

Angeregt zu dieser Idee wurde ich bereits vor 2 bis 3 Jahren durch eine Beobachtung, über die schon in der Naturw. Rund-

schau XIX, pag. 641; 1904 berichtet ist. Es handelt sich da um die gleichzeitige Beobachtung der akustischen und seismischen Wellen, die durch Sprengarbeiten an einem Bergabhange (bei Jenbach in Tirol) hervorgerufen wurden. Jedesmal war an dem einige Kilometer entfernten Beobachtungsorte nach jedem einzelnen Sprengschusse ganz deutlich zuerst das Ankommen der seismischen Welle zu konstatieren, welcher dann nach einigen Sekunden die akustische folgte. Aus angenäherter Bestimmung der Entfernung des Beobachtungsortes und aus der Differenz der betreffenden Zeiten für die seismische und akustische Welle berechnete sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Bodenwellen zu etwas über 4000 m/sec, ein Wert, der auch mit anderen Angaben in der Litteratur ganz gut übereinstimmt.

Die Idee, solche seismische Wellen eventuell geognostisch zu verwerten, wurde noch besonders angeregt durch die gerade damals bekannt werdenden Schwierigkeiten, die sich beim Bau des Simplontunnels herausstellten. Denn während die Geologen mit aller Bestimmtheit eine vollkommen gleichförmige Struktur des Simplon-Massivs vorausgesagt hatten, war man beim Tunnelbau auf gewaltige Massen vollkommen morschen, losen und rissigen Gesteines getroffen, welches dem Fortschreiten der Arbeiten fast unüberwindliche Schwierigkeiten bot.

Wie ein zusammenfassender Bericht des Baseler Geologen M. C. Schmidt lehrt [Mitteilungen d. schweiz. naturf. Ges. 1905] zeigten auch sonst fast alle vermuteten geologischen Profile ganz erhebliche Abweichungen von dem wahren Profile, wie es sich bei den einzelnen Tunnelbohrungen ergab.

Wie wünschenswert es wäre, die Angaben der Geologischen Profile auf bequeme Weise nachprüfen zu können, ergiebt sich hiernach wohl von selbst. Seismische Wellen haben jedoch bisher noch nicht zu solchen Zwecken Verwendung gefunden, wie überhaupt die seismische Forschung erst in den letzten Jahren in exaktere Bahnen gelangte. Bei einer genaueren Durchsicht der betreffenden Litteratur stellte es sich auch heraus,

dass das bisherige Beobachtungsmaterial auch nicht entfernt hinreichend ist, um eine ohne weiteres ausführbare „geognostische“ Methode anzugeben.

Schon beim Vergleich der einzelnen Angaben für die verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten von Erdbebenwellen stellte sich zunächst die überraschende Schlussfolgerung heraus, dass diese Wellen in neuerer Zeit durchschnittlich mit immer grösserer Geschwindigkeit gelaufen wären; der Grund hierfür liegt natürlich einfach in der Vervollkommnung unserer instrumentellen Hilfsmittel, welche bereits die allerersten und schwächsten Anfänge der Erschütterungen registrieren.

Im Folgenden ein paar charakteristische Werte für verschiedene Materialien, welche ziemlichen Anspruch auf Genauigkeit haben:

Durchschnittliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch festes Urgestein 3500—4500 m.

Durchschnittliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch ausgedehnte Sandmassen 4—500 m.

Die Grenzen der Genauigkeit sind jedesmal recht weite; und zwar ist dies grösstenteils eine Folge davon, dass bei den Erdbebenwellen die Wellenlänge in grösseren Entfernungen immer grösser und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit immer kleiner wird. Der Grund hierfür ist in der Art des Zustandekommens der Erdbebenwellen zu suchen worauf einzugehen hier aber nicht der Ort ist.

[Genaues darüber z. B. in Günther, Geophysik, Stuttgart 1897, Bd. I, pag. 469 und 473. Hier sei nur noch soviel bemerkt, dass der Sitz der seismischen Kräfte in einem bestimmten Punkte unterhalb der Oberfläche zu suchen ist, von welchem Punkte aus dann die Erschütterungen nach allen Richtungen gleichmässig als Kugelwellen fortschreiten und zu den einzelnen Stellen der Erdoberfläche gelangen].

Eine exakte Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den einzelnen Gesteinsarten wurde erst in den letzten Jahren

versucht; und zwar vornehmlich in Japan durch Kusakabe [Publication of the Earthquake Investigation Commitee, Tokyo 1904], welcher die Elasticitätsmoduln einer grossen Reihe von Gesteinen möglichst genau bestimmte, um dann mit Hilfe der bekannten Formel $v = \sqrt{\frac{e}{d}}$ [v Fortpflanzungsgeschwindigkeit, e Elasticitätsmodul, d Dichte] die Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu berechnen.

Seine Methode, den Elasticitätsmodul zu messen, war eine statische, und zwar war es, mit einigen Verbesserungen, die von Helmholtz angegebene und von A. König zuerst beschriebene Methode[1]). Seine so erhaltenen Werte stimmen jedoch nur recht unvollkommen mit den sonst direkt gemessenen überein. Ursache hierfür ist die Verwendung des statischen Elasticitätsmoduls statt des adiabatischen, der die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elastischer Wellen in festen und flüssigen Körpern in ganz analoger Weise beeinflusst, wie sonst in bekannterer Weise in Gasen. [Über diesen Punkt, über den die meisten Lehrbücher der Physik hinweggehen, vgl. Rühlmann, Mechan. Wärmetheorie, Bd. I, pag. 507; Braunschweig 1876]. Genau so wie die Schallgeschwindigkeit für extrem grosse Wellenlängen kleiner und kleiner wird und sich immer mehr dem von Newton statisch berechneten Werte von 260 m nähert, weil die Wärmetönungen infolge der langsamen Wechsel nicht streng adiabatisch verlaufen — genau so müssen auch die seismischen Wellen in ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit abhängig sein von ihrer Wellenlänge.

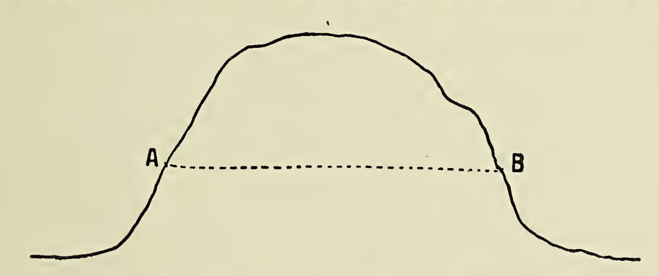
In einer ganz kürzlich erschienenen Arbeit von Kusakabe (Journal of the College of Science, Vol. XX, Article 9), Imperial University, Tokyo, ist zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in ca. 160 Gesteinen der adiabatische El.-Modul verwendet worden. Da die betr. Arbeit mir bisher leider nur

1) Vgl. hierzu: Th. Middel, Drudes Ann. d. Physik 2, pag. 119 oben, 1900. A. König, Verhandl. d. physik. Gesellsch. zu Berlin, 4, pag. IV und pag. 59, 1885. Wied. Ann. 28, pag. 108, 1886.

in einem sehr knappen Referate[1]) zugänglich war — kann hier keine weitere Angabe über Methode und benutzte Wellenlänge folgen, und müssen deshalb weitere Mitteilungen, ob die in obiger Arbeit gegebenen Werte für „geognostische" Zwecke verwendbar sind, vorbehalten werden.

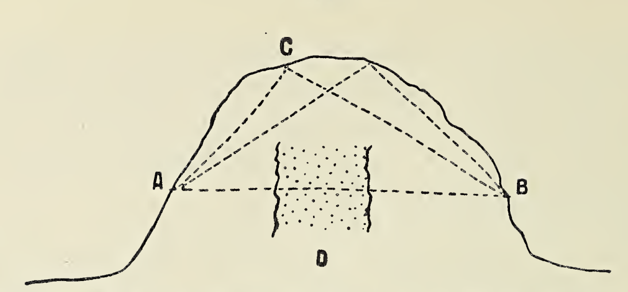
Nach den bisher gemachten Erfahrungen aber erweist es sich, dass die Elasticitätsverhältnisse für Gesteine vom selben Stock recht konstant bleiben und dass für die einzelnen Gesteinsarten vom selben Massiv gut messbare Elasticitätsverschiedenheiten bestehen. — Daher ist es wohl zu erwarten, dass durch Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit seismischer Wellen z. B. durch ein Bergmassiv hindurch und durch Vergleich des erhaltenen Wertes mit dem aus dem geologischen Profil und den einzelnen El.-Moduln berechneten, eine Prüfung der Schlüsse der Geologen möglich ist.

Prinzipiell wäre dabei einfach folgendermassen zu verfahren:



An einer passend gewählten Stelle *A* [vgl. Fig. 1] werden durch einen Sprengkörper Elasticitätswellen hervorgebracht, deren Geschwindigkeit in den einzelnen Gesteinen durch entsprechende Vorversuche festgestellt ist (besonders in Rücksicht auf die hierbei zur Verwendung kommende Wellenlänge). Am Orte *B* sind die Seisnometer aufgestellt. — Ist die geologische Voraussage richtig, so wird mit grosser Annäherung die berechnete und beobachtete Zeit des Fortschreitens der Welle von *A* nach *B* miteinander übereinstimmen.

1) Naturw. Rundschau XXI, pag. 648; 1906.



In dem Falle des Simplon-Massivs (vgl. schematisch Fig. 2) jedoch, wo ausgedehnte Massen von ganz losem, lockeren Gestein sich unvermutet bei *D* befanden, wäre die Geschwindigkeit des Fortschreitens beträchtlich verzögert worden und in der Gegend *D* vielleicht auf den zehnten Teil herabgedrückt worden [wenn wir annehmen, dass in diesen losen Massen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit etwa die gleiche Grössenordnung hat wie jene in Sandmassen]. Eine beträchtliche Abweichung zwischen berechneter und beobachteter Zeit hätte dann die Anwesenheit jener Massen in *D* mit grosser Sicherheit vermuten lassen.

Dass eine solche Methode erfolgreich ausführbar wäre, ist wohl nicht zweifelhaft; haben wir doch jetzt Seismometer von grösster Empfindlichkeit und Präcision zur Verfügung, welche die Richtung und die Intensitäten der ankommenden Wellen deutlich erkennen lassen und welche von solcher Empfindlichkeit sind, dass sie z. B. das regelmässige Anbranden der Wogen an ferner Küste, die durch das Geläute ziemlich entfernten Glocken hervorgerufenen Vibrationen, die durch Luftdruckschwankungen verursachten Niveauänderungen etc. sicher und deutlich registrieren.

Von *A* nach *B* gelangen nun freilich nicht nur Wellen in direkter Richtung, sondern z. B. auch auf dem Wege *ACB*, oder gar erst nach mehrmaliger Reflexion; aber alle die von solchen Wellen ankommenden Erschütterungen sind durch ihre andere Richtung etc. aus den Seismometer-Kurven als solche zu erkennen und zu eliminieren.

Eine Prüfung der hier vorgeschlagenen Methode wird zweckmässig und leicht an einigen der zahlreichen Bergmassivs vor-

genommen werden können, deren geologische Profile bei den Tunnelbohrungen bekannt wurden. —

Vielleicht ist es gut, dass man vor dem Bau des Simplontunnels nicht oben angedeutete Methode anwandte; möglicherweise hätten sonst die drohenden gewaltigen Schwierigkeiten die Ingenieure, oder, was noch bedenklicher wäre, die Finanzleute abgeschreckt und uns dies Hilfsmittel des Verkehres vorenthalten!

Sodann machte Herr M. Seddig noch folgende

Bemerkungen zu einem Referate.

In den Beiblättern zu den Annalen der Physik (Bd. 30, Nr. 16, pag. 829) war ein Referat über eine Arbeit von W. Holtz[1]) erschienen, aus dessen Fassung hervorgehen könnte, dass die elektrische Kraftliniendarstellung mittels dielektrischer Pulver bereits von W. Holtz (resp. Reitling u. Krauss) ausgebildet sei. Richtig ist, dass isolierende Pulver in nichtleitenden Flüssigkeiten, in denen sich mit der Influenzmaschine verbundene Pole befanden, bereits von W. Holtz angewandt wurden, wie dies auch in der Einleitung meiner Dissertation erwähnt ist. W. Holtz beschreibt dabei aber im Wesentlichen nur das Verhalten der einzelnen dielektrischen Pulver (ob sie sich mehr am + oder — Pol oder keinem derselben ansammeln, ob in Klumpen, strahlig usw.) ohne dass es ihm jedoch auf wirkliche Darstellung exakter elektrischer Kraftlinienfelder ankommt, im Gegensatz zum Thema meiner Dissertation. In dieser ist eine Reihe von Methoden angegeben, die es erlauben elektrische Felder durch die Kraftlinien in ähnlicher Gleichförmigkeit herzustellen, wie es bei den magnetischen schon längst bekannt und ohne besondere Mühe und Vorsichtsmassregeln möglich ist. —

Die betreffenden Holtz'schen Versuche sind in meiner Dissertation (Marburg 1902) auf S. 13[2]) in einem besonderen Absatze ausdrücklich angeführt.

---

1) Phys. Zschr. VII. pag. 258—259. 1906.

2) Siehe auch Drudes Annal. d. Physik IV, **11**, pag. 815-841, 1903; Physikalische Zeitschrift V. pag. 403—406, 1904.

Aufgelegte Schriften:

Amsterdam K. Akad. von Wetenschappen.
1, Jaarbock 1905. Jan. 1906.
2, Verhandelingen
1. Sect. IX Deel No. 2/3, Octbr. 1905 u. Juli 1906.
2, Sect. XII Deel No. 3/4. Jan. u. Juli 1906.
3, Verslag van de gewone Vergaderingen etc. XIV Deel 1/2. Dec. 1905 Mai 1906.

Bautzen Naturw. Ges. Isis Sitzungsberichte 1902/5. 1906.

Bergen Museum. Aarbog 1906 1/2. 1906.
An account of Crustacea V. 13/14. 1906.

Boston The American Naturalist 40. Bd. No. 475/6 u. 477/8. Juli u. Aug. 1906.

Braunschweig Verein für Naturw. 14. Jahresbericht für 1903/4 1904/5. 1906.

Braunschweig Techn. Hochschule Progr. 1906/7. 1906.

Brünn Klub f. Naturkde. 7. Bericht für 1905. 1906.

Chapel-Hill El. Mitchell scientific Society Journal XXII No. 2. 1906.

Danzig Naturf. Gesellschaft Schriften N. T. XI. 4⁰. 1906.

Dürkheim Pollichia Festschrift z. 70. Geburtstag von Georg v. Neumayer. 1906.

Dunedin Australasian Association etc. Report of the 10th meeting geb. 1906.

Freiburg i. B. Naturf. Gesellschaft. Ber. XVI. Bd. 1906.

Giessen 1, Verein f. Erdkunde (Darmstadt) Notizblatt, IV. Folge 26. Heft. 1905.
2, Oberh. Ges. f. Natur-Heilkunde Bericht N. F. Mediz. Abth. I. Bd. 1906.

Görlitz Naturf. Gesellschaft Abhandlnngen XXV. Bd. 1. Heft. 1906.

Halle a. S. Leop.-Carol. Akademie Leopoldina 42. Heft No. 6/8 9/10. 1906.

Harward University Proceedings of the Am. Academy etc. 41. Bd. No. 30/34. 1906.
Desgl. 42. Bd. No. 1. 1906.

Lima Cuerpo de Ingenieros de Minas Boletin No. **29**, **35**, **36**. 1905/6,

Linz a. D. Museum Franc.-Carolinum 64. Jahresbericht. 1906.

Luxemburg Société G-D. de Botanique Recueil des ménoires No. XVI. 1902/3. 1905.

Milwaukee Wisconsin nat. hist. Society Bulletin IV. Bd. No. 3. Juli 1906.

Missouri Bureau of Geology III u. IV. Bd. 2nd Series geb.

Montana University Bulletin No. 32, 34, 35. 1906.

Nebraska University Bulletin No. 76/77, 79, 84. 1903/4.

New-York. Public library Bulletin X. Bd. 7/8 u. 9/10. 1906.

Presburg. Verein für Natur und Heilkunde Verhandlungen N. F. XVI/XVII (1904/5). 1905/6.

Regensburg. Naturw. Verein Berichte X (1903/4). 1905.

Rio de Janeiro. Museu nacional Archivos XII Bd. 4⁰. 1903.

Roma. Accad. dei Lincei

1, Atti 1906. Rendiconti II. Bd. 4⁰. 1906.

2, Atti 1906. Rendiconti XV. I. Sem. No. 12 und II. Sem. No. 1/3 4/8. 1906.

Sao Paulo. Sociedade scientifica Revista No. 3/4. 1906.

Tuft Mass. College Studies II. Bd. No. 2. 1906.

Washington. U. St. geological Survey

1, Professional Paper No. **45**, **47**, **49**, im 4⁰. 1906.

2, Water- Supply u. irrigation Paper No. **153**, **157**, **165/166**, **168/169**, **171**. 1906.

U. St. Department of agriculture

3, Yearbook 1905 geb. 1905.

Wien. Geolog. Reichsanstalt Verhandlungen 1906 No. 5/7 und 8/10. 1906.

Frankfurt a. O. Naturw. Verein Helios XXIII. Bd. 1906.

Zeitschrift für Naturwissenschaften 78. Bd. 3. Heft. Stuttgart 1906.

Suggestion II. Jahrg. No. 7. 1906.

Rehe, H. Über kindlichen Skorbut. S. A. 1906.

Batavia. Magnet und meteor. Observatory Observations 27. Bd. 1904. 4⁰. 1906.

Basel. Naturf. Gesellsch. Verhandl. XVIII. Bd. 3⁰. 1906.

Bestercze. Gewerbelehrlingschule 31. Jahresbericht. 1906.

Breslau. Schles. Gesellschaft für vaterl. Cultur 83. Jahresbericht (1905). 1906.

Brooklyn. Institute of arts Cold spring harbor monographs. VI. 1906.

Buenos-Aires. Ministerio de agricultura. Sec. geologica I. No. 3. 1906.

Canada. Geolog. Survey Annual report N. S. XIV. (1901). 1905.

Cassel. Verein für Naturkunde Abhandlungen und Bericht 50 f. 1906. 1906.

Graz. Naturwissenschaftl. Verein für Steiermark. Mittheilungen Jahrg. 1905. 1906.

Halle a. S. Verein f. Erdkunde Mitth. 30. Jahrg. 1906. 1906.

Lawrence Kansas. University of K. Science bulletin VI. 2 und VII. 3. 1905/1906.

Lima. Cuerpo de Ingenieros etc. Bol. No. 37/38 u. 39. 1906.
Secunda memoria del director. 1906.

Luxemburg. Institut grandducal de L. Sect. des sciences naturelles, Archives trimestrielles fasc. 1/2. 1906.

Manchester. Literary a. phil. society Memoirs a. proceedings 50. Bd. III. 1906.

München. Aerztl. Verein Sitzungsber. XV (1905). 1906.

Napoli. Accademia d. scienze fisiche etc. Rendiconte III. Ser. XII. Bd. 5/6 Heft 7/8. 1906.

Nürnberg. Naturhist. Gesellsch. Abhandl. XV. 3⁰. 1905.
Jahresbericht f. 1904. 1905.

Philadelphia. 1, Academy of nat. sciences Proceedings 58. Bd. I. 1906.
2, Amer. phil. Society Proceedings 45. Bd. No. 182. 1906.
3, Amer. Academy of arts u. sciences a, Proceedings 42. Bd. No. 2/9. 1906.
b, Proceedings 41. Bd. No. 35. 1906.

Rennes Université Travaux scientifiques IV. Bd. 1905. 1905.

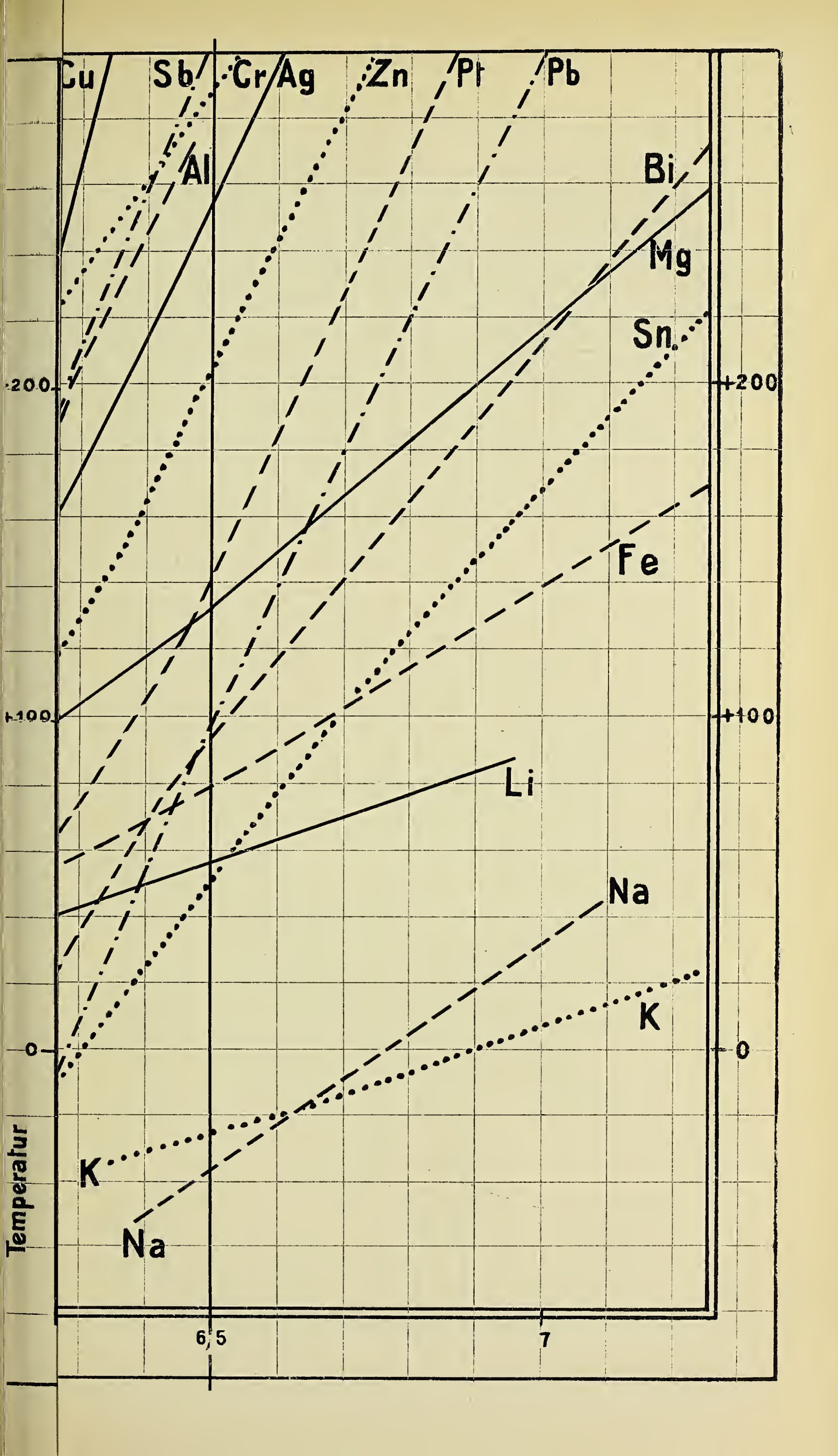
Stavanger Museum Aarshefte for 1905 (16. Jahrg.) 1906.

Stuttgart. Verein f. vaterl. Naturkunde Würtembergs Jahreshefte 62. Jahrg. 1906.

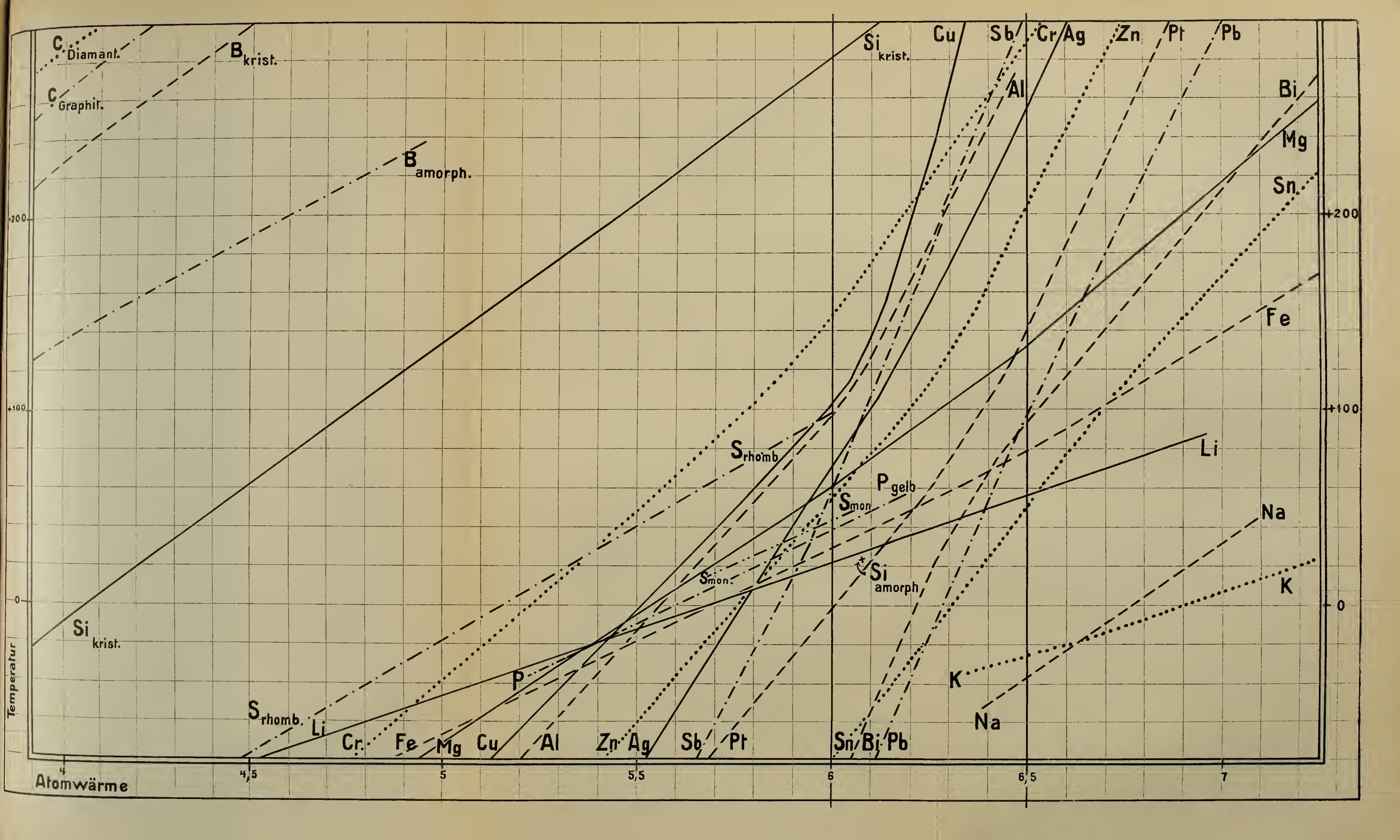
Upsala. Vetenskapsakademien in Stockholm.
Arkiv für Matematik III. 1⁰. 1906.
„ „ Botanik VI. 1/2. 1906.
„ „ Zoologi III. 2. 1906.
„ „ Kemi II. 3⁰. 1906.

Washington. Carnegie institution 5/6 Castle und Forbes Heredity etc. 1906.

Wien. Verein zur Verbreitung Naturw. Kenntnisse Schriften 46. Bd. (1905/6). 1906.



Cu
Sb
Cr
Ag
Zn
Pt
Pb
Al
Bi
Mg
Sn
Fe
Li
Na
K
200
+200
100
+100
0
0
K
Na
Temperatur
6,5
7


C Diamant.
C Graphit.
B krist.
B amorph.
Si krist.
Cu
Sb
Cr
Ag
Zn
Pt
Pb
Al
Bi
Mg
Sn.
Fe
S rhomb
P gelb
S mon
Li
Na
Si amorph
S mon.
K
+200
+100
0
Si krist.
Temperatur
P
S rhomb.
Li
Cr.
Fe
Mg
Cu
Al
Zn
Ag
Sb
Pt
Sn
Bi
Pb
K
Na
4
4,5
5
5,5
6
6,5
7
Atomwärme

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1907

Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch
1908

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1907

Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch
1908

Inhalts-Angabe.

Verzeichnis der Mitglieder*)

(am Schluss des Jahres 1907).

Ehrenmitglieder.

Retzius, Gustav, Prof. emerit. der Anatomie, Stockholm . 18. 1. 99.
Marchand, Felix, Dr. med., o. Prof. d. path. Anat., Geh. Med.-Rat, Leipzig . . . . 9. 1. 01.
Hittorf, Wilhelm, Dr. phil., o. Prof. der Physik, Geh. Reg.-Rat, Münster . . . . 19. 11. 01.

Einheimische Mitglieder.

A. Ordentliche.

Ahlfeld, Friedrich, Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rat . . . . 11. 7. 83.
Bach, Ludwig, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie . . 28. 11. 00.
Bauer, Max, Dr. phil., o. Prof. d. Mineralogie, Geh. Geg.-Rat 11. 3. 85.
v. Behring, Emil, Dr. med., o. Prof. d. Hygiene, Wirkl. Geh. Rat 15. 5. 95.
Beneke, Rudolf, Dr. med., o. Prof. d. pathol. Anatomie . 14. 11. 06.
Bonhoff, Heinrich, Dr. med., o. Prof. der Hygiene . . . 9. 3. 04. (8. 11. 99)
Disse, Joseph, Dr. med., o. Honorar-Professor d. Anatomie u. I. Prosector . . . . 13. 11. 95.
Feussner, Wilhelm, Dr. phil., a.o. Prof. der Physik . . . 14. 7. 81. (10. 6. 69)
Fischer, Theobald, Dr. phil., o. Prof. d. Geographie, Geh. Reg.-Rat 28. 11. 83.
Gasser, Emil, Dr. med., o. Prof. d. Anatomie, Geh. Med.-Rat 27. 1. 88. (16. 7. 74)
Heffter, Arthur, Dr. med. et phil., o. Prof. d. Pharmakologie 14. 11. 06.
Hensel, Kurt, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik . . . . 10. 12. 02.

---

*) Die Daten bedeuten den Tag der Ernennung, die in Parenthese gesetzten Daten den Tag der Ernennung zum ausserordentlichen Mitglied

Kayser, Emanuel, Dr. phil., o. Prof. der Geologie . . . 13. 1. 86.
Kohl, Friedrich Georg, Dr. phil., a.o. Prof. der Botanik 13. 11. 95.
(6. 8. 84)
Kohlrausch, Friedrich, Dr. phil., Präsident der physikalisch-technischen Reichsanstalt a. D. . . . . 8. 2. 05.
Korschelt, Eugen, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie . . . 26. 7. 93.
Mannkopff, Emil, Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., Geh.Med.-Rat 8. 5. 67.
Meyer, Arthur, Dr, phil., o. Prof. der Botanik . . . . . 4. 11. 91.
Neumann, Ernst, Dr. phil., a.o. Professor der Mathematik (13. 12. 05)
8. 5. 07.
Ostmann, Paul, Dr. med., a.o. Prof. der Otologie . . . 13. 11. 95.
Rathke, Bernhard, Dr. phil., o. Hon.-Prof. der Chemie . . 14. 3. 84.
Richarz, Franz, Dr. phil.. o. Professor der Physik . . . 15. 5. 01.
Schaum, Carl, Dr. phil., a.o. Professor der physical. Chemie (11. 8. 97)
13. 12. 05.
Schenck, Friedrich, Dr. med., o. Professor der Physiologie 15. 5. 01.
Schmidt, Ernst, Dr. phil., o. Prof. d. pharm. Chem., Geh. Reg.-Rat 11. 3. 85.
Tuczek, Franz, Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie, Geh. Med.-Rat 15. 5. 95.
(14. 3. 90)
Zincke, Theodor, Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, Geh. Reg.-Rat 13. 1. 76.

B. Ausserordentliche.

Brauer, Ludolf, o. P. d. Med., Director d. medic. Klinik 14. 12. 04.
v. Dalwigk, Friedrich, Dr. phil., Prof., Privatdoc. der Mathemat. 9. 5. 00.
v. Drach, Alhard, Dr. phil., a.o. Prof. der Mathematik . 11. 7. 66.
Fries, Carl, Dr. phil., Abteilungsvorsteher am chem. Institut 9. 3. 04.
Haselhoff, Emil, Dr. phil., Prof., Dir. d. landw. Versuchsstation 11. 2. 03.
Hildebrand, Heinrich, a.o. Professor der Medicin. . . . 14. 12. 04.
Jahrmärker, Max, Dr. med., Privatdoc., Oberarzt d. psychiatr. Klinik . . . . 9. 2. 04.
Jung, Heinrich, Dr. phil., Privatdocent der Mathematik . 13. 12. 05.
Krauss, Wilhelm, Dr. med., Privatdocent der Augenheilkunde 10. 7. 07.
Kutscher, Friedrich, Dr. med., a.o. Professor der Physiologie 16. 2. 98.
Lohmann, Alfred, Dr. med., Privatdocent der Physiologie 8. 2. 05.
Lorenz, Theodor, Dr. phil., Privatdocent der Geologie . . 14. 11. 06.
Meisenheimer, Johannes, Dr. phil., Prof., Priv.-Doc. d. Zool. 16. 2. 98.
Neide, Ernst, Dr. phil. . . . . 13. 1. 04.
Oestreich, Carl, Dr. phil., Privatdocent der Geographie . 9. 3. 04.
Reissert, Arnold, Dr. phil., Priv.-Doc. d. Chemie, Professor 11. 2. 03.
Rieländer, August, Dr. med., Privatdocent der Gynaekologie 13. 6. 06.
Römer, Paul, Dr. med., Privatdocent der Hygiene, Abteilungsvorsteher am hygienischen Institut . . . . 9. 2. 04.

Rupp, Erwin, Dr. phil., a. o. Professor der Chemie, Abteilungsvorsteher am pharmaceut.-chemischen Institut . . . 14. 12. 04.
Schulze, Franz Arthur, Dr. phil., Professor, Privatdocent der Physik . . . . 31. 7. 01.
Schwantke, Arthur, Dr. phil., Assistent am mineral. Institut 21. 6. 99.
Siebert, Carl, Dr. phil., Chemiker . . . . 14. 5. 02.
Thumb, Albert, a. o. Prof. der indogermanischen Sprachen 14. 2. 06.
Tönniges, Carl, Dr. phil., Assistent am zoolog. Institut . 16. 2. 98.
Weidenmüller, Carl, Dr. phil., Gymn.-Oberlehrer a. D., Prof. 14. 4. 82.
Zumstein, Jacob, Dr. med., Priv.-Doc. d. Anat., Prof., 2. Prosector 16. 2. 98.

Auswärtige Mitglieder.*)

Ach, Narciss, Dr. med. et phil., Professor der Philosophie, Königsberg . . . . (8. 2. 05)
Aschoff, Ludwig, o. Prof. d. patholog. Anatomie, Freiburg i. Br. 17. 6. 03.
Axenfeld, Theodor, Dr. med., o. Prof. d. Ophthalm., Freiburg i. Br. (15. 1. 96)
Barth, Adolf, Dr. med., o. Prof. der Otologie, Leipzig . . 4. 11. 91.
Barth, Arthur, Dr. med., Prof, Oberarzt, Danzig . . . . (13. 11. 95)
Böhm, Rud., Dr. med., o. Prof. d. Pharm., Geh. Med.-Rat, Leipzig 20. 5. 81.
Borrmann, Rob., Dr. med., Priv.-Doc. d. path. Anatom., Göttingen (14. 5. 02)
Brauer, August, Dr. phil., a. o. Professor, Direktor des naturhistorischen Museums, Berlin . . . . 17. 5. 99.
(17. 6. 96)
Braun, Ferdinand, Dr. phil., o. Prof. der Physik, Strassburg (8. 2. 78)
Braun, Heinrich, Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Geh. Med.-Rat, Göttingen . . . . 14. 3. 90.
Brauns, Reinhard, Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Bonn (27. 1. 88)
Buchholz, Adolf, Dr. med., Prof., Oberarzt, Hamburg . . 8. 12. 97.
Busz, Carl, Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Münster . (19. 6. 95)
Debus, Dr. phil., Prof., Cassel . . . . (16. 11. 59)
Dietrich, Theodor, Dr. phil., Prof.., Geh.-Reg.-Rat, Hannover (15. 1. 96)
Dohrn, Rudolf, Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rat, Dresden . . . . 10. 2. 64.
Drevermann, Fritz, Dr. phil., Frankfurt . . . . 11. 2. 03.
Enderlen, Eugen, Dr. med., Prof. der Chirurgie, Würzburg 12. 2. 97.
Falk, Ferdinand August, Dr. med., a. o. Prof. d. Pharm., Kiel 28. 4. 75.
Fraenkel, Carl, Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Halle . . 4. 11. 91.
Fueter, Rudolf, o. Professor der Mathematik, Basel . . . (8. 5. 07)

---

*) Die mit einem * bezeichneten sind korrespondierende, die sämtlichen übrigen ehemalige einheimische Mitglieder.

Fürstenau, Eduard, Dr. phil., Geh. Reg.-Rat, Berlin . . (25. 4. 60)
Gadamer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. der pharmaceut. Chemie, Breslau . . . . (9. 3. 98)
Goebel, Carl, Dr. phil., o. Prof. der Botanik, München . . 27. 1. 88.
Heine, Leopold, o. Prof. der Ophtalmologie, Kiel . . . . (18. 1. 99)
Hermann, Theodor, Dr. phil., Hanau . . . . (2. 7. 68)
Hess, Carl, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmol., Würzburg 11. 11. 96.
Hess, Otto, Dr. med., Prof., Priv.-Doc. der inneren Med., Oberarzt, Göttingen . . . . (25. 6. 02)
Heusler, Fritz, Dr. phil., Dillenburg . . . . 8. 2. 05.
v. Koenen, Adolf, Dr. phil., o. Prof. der Geologie, Geh. Berg-Rat, Göttingen . . . . 28. 4. 75.
Kossel, Albrecht, Dr. med., o. Prof. der Physiol., Heidelberg 15. 5. 95.
Krehl, Ludolf, Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., Heidelberg 8. 11. 99.
Küster, Fr. Wilh., Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, Klausthal (26. 7. 93)
Küster, Ernst, Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Geh. Reg.-Rat, Berlin . . . . 4. 11. 91.
Küttner, Hermann, Dr. med., o. Prof. d. Cirurg., Breslau (2. 8. 05)
Loewi, Otto, Dr. med., a. o. Prof. der Pharmakologie, Wien 15. 5. 01.
Lotz, Heinrich, Dr. phil., Geologe, Berlin . . . . (13. 12. 99)
Mannel, Gottfried, Dr. med., Geh. Hofrat, Arolsen . . . (31. 8. 64)
Meyer, Hans, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Wien 11. 3. 85.
Müller, Friedrich, Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., München 26. 4. 98.
Nebelthau, Eberhard, Dr.med., a.o.Prof. d. inn.Med.,Halle a.S. 26. 4. 98.
(15. 5. 95)
Noll, Alfred, Dr. med., a. o. Prof., Jena . . . . (16. 2. 98)
Opitz, Erich, Dr. med., Professor, Direktor der Frauenklinik, Düsseldorf . . . . (13. 1. 04)
Pfannkuch, Wilh., Dr. med., pract. Arzt, Cassel . . . . (17. 1. 72)
Pfeffer, Wilh., Dr. phil., o. Prof. d. Botanik, Geh. Hofrat, Leipzig (27. 4. 71)
Plate, Ludwig, Dr. phil., Priv.-Doc. der Zoologie, Prof., Berlin (27. 1. 88)
Plenge, Enriquez, Dr. med., Heidelberg . . . . (7. 3. 99)
Ransom, Frederick, Dr. med. . . . . (7. 3. 99)
**Rehn, Joh. Heinrich,* Dr. med., San.-Rat, Frankfurt a. M. 26. 11. 80.
Rein, Johannes, Dr. phil., o. Prof. d. Geogr., Geh. Reg.-Rat, Bonn 1. 12. 76.
Ribbert, Hugo, Dr. med., o. Prof. d. pathol. Anatomie, Bonn 20. 6. 00.
Romberg, Ernst, Dr. med., o. Prof. der klin. Medicin, Tübingen 20. 6. 00.
Rost, Eugen, Dr. med., Hülfsarb. am Reichs-Gesundheits-Amt, Berlin . . . . (16. 2. 98)
Rubner, Max, Dr. med., o. Prof. d. Hyg., Geh. Med.-Rat, Berlin 13. 1. 86.
Rumpf, Theodor, Dr. med., Prof., Bonn . . . . 14. 3. 90.
Ruppel, Wilhelm, Dr. phil., Prof., Höchst . . . . (18. 7. 00)

Schell, Wilhelm, Dr. phil., o. Prof. d. Math., Geh. Rat, Karlsruhe 29. 4. 57.
(13. 2. 56)
Schenck, Rudolf, Dr. phil., o. Prof. d. phys. Chemie, Aachen (11. 8. 97)
Schmidt-Rimpler, Hermann, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Halle . . . . 15. 11. 71.
Schottelius, Max, Dr. med., o. Prof. d. Hyg., Hofrat, Freiburg i. B. (11. 7. 79)
Schridde, Hermann, Dr. med., Privatdoc. d. pathol. Anatomie, Freiburg i. Br. . . . . (13. 12. 05)
Seddig, Max, Dr. phil., Frankfurt . . . . (17. 6. 03)
Seemann, John, Dr. med., Privatdoc. d. Physiologie, Giessen 5. 6. 02.
Siemens, Friedrich, Dr. med., Geh. Med.-Rat, Dir. d. Landesirrenanstalt Lauenburg i. P. . . . . (19. 12. 79)
**Speck, Carl,* Dr. med., San.-Rat. Kreis-Physik., Dillenburg 5. 4. 71.
Strahl, Hans, Dr. med., o. Prof. der Anatomie, Giessen . 27. 1. 88.
(14. 12. 80)
Straub, Walther, Dr. med., o. Prof. d. Pharmakol., Freiburg (13. 12. 05)
Study, Eduard, Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Bonn . (14. 3. 90)
Uhthoff, Wilhelm, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau . . . . 4. 12. 91.
Weber, Heinrich, Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Strassburg 11. 3. 85.
Wendel, Walther, Dr. med., Professor, Director des städtischen Krankenhauses Magdeburg-Sudenburg . . . . . . (12. 2. 02)
Wernicke, Erich, Dr. med., Professor. Director des hygien. Instituts in Posen . . . . 16. 2. 98.
(10. 2. 97)
Wüllner, Adolf, Dr. phil., o. Prof. der Physik, Geh. Reg.-Rat, Aachen . . . . (8. 12. 58)

Der Vorstand.

M. Bauer, Vorsitzender. *J. Disse,* Ständiger Schriftführer.

Engerer Ausschuss.

E. Korschelt, Stellvertretender Vorsitzender, *F. Richarz,* *F. Schenk.*

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 1 Januar 1907

In der ordentlichen Sitzung vom 9. Januar sprach Herr Dr. Oestreich über

Die Phlegräischen Felder.

Die Phlegräischen Felder stellen sich dar als ein Gewirre von aneinander gereihten und ineinander geschachtelten Hohlformen und Hochformen, von Kesseln und Hügelkränzen. Die Frage, die sich bei der Deutung jeder Geländeform dort aufdrängt, hat zu lauten: Ist der betreffende Kessel ein Krater, also Ergebnis der Aufschüttung, oder ein Bruchbecken, also Ergebnis des Einsturzes, oder ein Umwallungsbecken, also nicht aufgefülltes Gebiet zwischen Aufschüttungen? Es könnte schliesslich bei dem leicht zerstörbaren Charakter des Gesteins auch eine einfache Denudationsform Ausmaſse erreichen, die sie mit Aufschüttungs- oder Einsturzformen zum Verwechseln ähnlich gestalten.

So verwirrend nun der erste Eindruck ist, den der Besucher dieser Gegend erhält, so klar ergibt sich aus dem vergleichenden Studium der geologischen Beschaffenheit und der heutigen Formen die Entstehungsgeschichte dieser Vulkanoberfläche. Die ganze Geschichte des Phlegräischen Vulkans spielt sich in der Quartärzeit ab. Sie zerfällt in drei Pe-

rioden, in denen immer Gesteine von demselben petrographischen Charakter, aber in verschiedener Fazies, um mit der stratigraphischen Terminologie zu reden, gefördert wurden, nämlich Laven und Tuffe von trachytischem Typus.

In der ersten Periode fanden die Ausbrüche statt, denen die schwarz-grau geflammte Piperno-Lava und der graue Tuff Campaniens entstammt. Der Piperno wird in gewaltigen Steinbruchgrotten am Fuss des Bergsporns von Camaldoli gewonnen, die zugehörigen Tuffe sind im Untergrund von Neapel gefunden, auch bei Cumae kommen sie, eine alte Lava überlagernd, vor. Ausserdem aber bedeckt der „graue Tuff" den Boden der ganzen Campania felice, reicht bis in die Apeninen und findet sich an geschützten Stellen, in Tälern, auf Stufenflächen, bis in die Gegend, von Benevent. Die durchschnittliche Mächtigkeit beträgt 5 bis 6 m. Wo er grössere Mächtigkeit erreicht, erklärt sie Deecke[1]), dem wir eine ausführliche Darstellung des Vorkommens und der Zusammensetzung verdanken, als eine Herabschwemmung von den Höhen oder, wie bei Sorrent, als Heranschwemmung durch Erdbebenwellen. Die Gleichartigkeit der mineralogischen Zusammensetzung spricht dafür, dass es sich um eine einmalige gewaltige Eruption handelt, oder höchstens um eine Reihe zeitlich sehr nahe aufeinander folgender Eruptionen aus demselben vulkanischen Schlot. Der Ausbruch erfolgte submarin, der Niederfall der durch Einwirkung des Meerwassers zu Tuff gewordenen Asche aber geschah zum grossen Teil auf dem Festland. Wo die Ausbruchstelle lag, ist unbekannt. Viel spricht dafür, dass sie am Fuss des Bergsporns von Camaldoli lag; denn hier findet sich die Piperno-Lava, die als Trachytlava nicht weit geflossen sein kann. Aber da Lava wie Tuff der ersten Periode von jüngeren Aufschüttungen

---

1) Deecke, Zur Geologie von Unteritalien. 3. Der sog. campanische Tuff, seine Lagerung, Zusammensetzung und Entstehung. Neues Jahrbuch. 1891. II. Band.

verhüllt sind, spielen die Produkte der ersten vulkanischen Periode keine bedeutende Rolle in dem Antlitz der phlegräischen Felder, höchstens dass vielleicht die grössere Höhe des Berges von Camaldoli daherrührt, dass hier eine mächtige Lava den Sockel bildet.

Dagegen tritt das Produkt der zweiten Periode in höchstem Masse formbildend auf. Auch der „gelbe Tuff" wird erklärt als eine unter Mitwirkung des Meerwassers zu Tuff gewordene Asche. Nur ist sie nachweisbar aus vielen Schloten ausgetreten; einige der Ausbruchsstellen sind fast unversehrt erhalten, andere sind als deutliche Kraterruinen zu erkennen, während wiederum andere eingeebnet sind bis zur Unkenntlichkeit der ursprünglichen Kraterform. Wie weit die durch diese Ausbrüche sich bildenden Krater unter der Meeresoberfläche untergetaucht blieben, entzieht sich unserer Kenntnis. Sollte nicht die vorzügliche Erhaltung mancher dieser Tuffkrater dafür sprechen, dass der Kraterrand und auch der Kraterboden sich in vielen Fällen über das Meeresniveau erhob? Am besten können wir uns einen Archipel kleiner, eng gedrängter vulkanischer Inseln hier vorstellen, und unter diesen wuchsen manche der Krater bis zu beträchtlicher Höhe über das Meeresniveau hinauf. Unter der Annahme gänzlichen Untergetauchtsein der Vulkane möchten wir doch eher eine Zuschüttung der Krater voraussetzen, als eine so vollständige Ausräumung, wie im Beispiel des Campiglione.

Die Form dieser Tuffvulkane ist in typischer Weise von Dana[1]) geschildert worden. Bezeichnend ist für sie eine geringe Böschung, 15—20^{0} und ein breiter, schüsselförmiger Krater. Ein beträchtlicher Teil des ausgestossenen Materials fällt also in die Krateröffnung zurück und sucht diese auszufüllen: vom Kraterrand besteht also nach beiden Seiten

---

1) Dana, Manual of Geology. 4. Aufl. 1895. 270 f.

eine Neigung der Tufflagen. Diesem Schema entspricht in vorzüglicher Weise der bestuntersuchte Krater aus der Periode des gelben Tuffs, die Kraterruine des Vorgebirges von Miseno[1]: 20—25° ist die Neigung im mantelseitigen, 25—30° im kraterseitigen Abfall. Ein Teil der Ausbruchstellen aus der Periode der gelben Tuffe liegt noch (oder wieder?) unter dem Meer, andere tauchen nur mit einem Teil ihrer Umwallung aus dem Meere heraus: der Hafen von Miseno, Nisida. Andere sind bis zur Unkenntlichkeit zerstört, so die Krater, deren Auswurfsprodukte uns in den Tuffwallsektoren von Pozzuoli und dem Monte Dolce bei Bagnoli erhalten sind. Die grösste Mächtigkeit aber erlangen die gelben Tuffe im Osten: das unregelmässige Bergland von Camaldoli und Neapel ist bis in seine höchsten Höhen, also etwa in 400 m Mächtigkeit, aus gelbem Tuff aufgebaut. Hier also müssen die stärksten, am längsten anhaltenden Ausbrüche stattgefunden haben, und es wird seit jeher angenommen, dass der südöstliche Abhang des Posilippo-Bergrückens dem äusseren Kegelmantel zweier aneinander gereihter Krater entspricht, dass der Stadtteil Chiaja und Alt-Neapel selbst zwei Kraterböden entsprechen, deren nördliche Umwallung noch erhalten ist, und dass auch die Böden von Soccavo und Pianura Reste alter Krater vorstellen. Denn wenn auf diesen Bergen auch mehr oder weniger überall eine dünne Decke jüngerer Ablagerungen den gelben Tuff bedeckt, wirkliche jüngere Krater werden nicht beobachtet, so dass die Oberflächenformen geradewegs auf die Ausbruchstätigkeit der zweiten Periode zurückgehen dürften. Gelber Tuff, doch gleichfalls ohne Zusammenhang mit heute noch erhaltenen Kraterformen, findet sich an der Rückwand (Nordseite) des Piano di Quarto. Ein von Deecke gegebenes Profil lässt den Tuff, gegen N. fallend,

---

1) G. de Lorenzo, I crateri di Miseno nei Campi Flegrei. Atti della R. Accad. delle Scienze fis. e. mat. vol. XIII, ser. 2, No. 1. Napoli 1905. S. 18.

den Untergrund der Montagna Spaccata bilden.[1]) Auch die Küstenstrecke zwischen dem Averner See und dem Golf von Bajä mit dem Vorgebirge Punta dell' Epitaffio und wiederum der Kastellhügel von Bajä in seinem Untergrund bestehen aus gelbem Tuff, der auch, wie bei Torre Gaveta zu sehen, den Monte di Procida zusammensetzt, und, wie mir scheint, im Westen überhaupt etwas grössere Verbreitung hat, als aus de Lorenzo's Uebersichtskärtchen[2]) hervorgeht.

Aber ausser diesen in der Peripherie gelegenen Kraterresten ist in der Mitte des Gebietes ein Krater aus der Zeit der gelben Tuffe in vorzüglicher Weise erhalten: Campiglione, der Mons Gaurus des Altertums. Der Kraterboden liegt in etwa 80 m; 329 m, die zweithöchste Erhebung der ganzen Gegend, erreicht im Monte Barbaro die Südflanke, 319 m im Monte Corvara die Nordflanke des Kraters. Die äussere Form des Kraters ist jedoch nicht mehr die ursprüngliche: es fehlt im südwestlichen Teil der Umwallung ein sektorförmiger Ausschnitt, und bis auf 160 m ist hier, im WSW, der Kraterwall eingekerbt. Auch im Osten ist er in schmaler Linie zu 130 m erniedrigt, und der Abhang des Monte Barbaro ist von O. über S. nach SW. unnatürlich steil. Man hat abradierende Tätigkeit des Meeres hierfür verantwortlich gemacht. Das würde aber bedeuten, dass das Meer steigend gegen den bereits subaërisch liegenden Krater andrang.

Im grossen und ganzen muss aber als auf die zweite Ausbruchsperiode zeitlich folgend eine Erhebung der phlegräischen Gegend über das Meer angenommen werden. Denn von jetzt an spielen die Meerwasser keine Rolle mehr bei den Eruptionen, als Trockentuff wird das Aschenmaterial über die Umgebung der Ausbruchsstelle zerstäubt. Deecke spricht

1) Deecke, Fossa Lupara, ein Krater in den Phegräischen Feldern bei Neapel. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 40. Bd. 1888. S. 173.

2) G. de Lorenzo, History of volcanic action in the Phlegraean Fields. Quart. Journ. Geol. Soc. Bd. 60. 1904. Tafel 28.

von einer Einebnung[1]), die das phlegräische Gebiet nun erfahren habe, eine 50—60 m hohe Plattform sei in die Tuffvulkane eingeschnitten worden. Jedenfalls ist das aber nur sehr unvollkommen erreicht worden, eine vollkommene Einebnung hat nicht stattgefunden, die Tuffkrater auch als Ruinen ragen hoch über diese hypothetische Sockelhöhe hinaus, wenn auch für die heutige Gestalt der phlegräischen Landoberfläche in erster Linie die Eruptionen der dritten Periode verantwortlich zu machen sind.

Die dritte Periode förderte in erster Linie und massenhaftester Verbreitung lose, hellgrau gefärbte Auswürflinge: Bimssteine, Sande, die unter dem von der Stadt Pozzuoli hergenommenen Namen „Pozzolana" gehen. Diese Auswürflinge bedecken, auch in grösserer Entfernung von den Ausbruchsschloten, die aus gelbem Tuff bestehenden alten Kraterreste, z. B. die Abhänge des Berges von Camaldoli gegen Neapel. Die Krater selbst sind aufgebaut zum grössten Teil aus Lagen von Schlacken, also von ursprünglich glühendem Material, wie Bomben, die erst nach dem Niederfallen, aber dann jäh erstarrt sind; die Formen dieser Schlackenkegel (cinder-cone bei Dana) sind steiler, die Böschung beträgt 35 bis 40° im Maximum, die Krateröffnungen sind eng und steil. Nur selten ist auch kraterseitige Neigung der Schlackenlager vorhanden, wie sie de Lorenzo von dem Krater Astroni abbildet.

Der Typus des Schlackenkegels wird am besten durch den Monte Nuovo repräsentiert: hier die steile Böschung des Kratermantels, hier der enge und tiefe Krater: 10 m Meereshöhe bei 140 m Höhe der höchsten Stelle in der Umrandung. Was aber hauptsächliich an diesen Kratern auffallen muss, sind zwei Tatsachen, die von de Lorenzo[2]) im Zusammenhang dargestellt wurden: das Wandern der Ausbruchsstelle

1) Deecke, Geologischer Führer durch Campanien. Sammlung geologischer Führer. VIII. Berlin 1904. S. 41.

2) G. de Lorenzo, Quart. Journ. Geol. Soc. Bd. 60. 1904. S. 307 ff.

mit dabei stattfindender Verkleinerung des Eruptionsradius und die Gleichmässigkeit, die darin besteht, dass die nur oder vorzugsweise detritisches Material ausstossenden Vulkane mit wenigen oder gar mit einem Ausbruche ihren Magmavorrat erschöpft haben, die Lava in fliessendem Zustand oder auch in schlackigem Charakter ausstossenden Vulkane aber längeres Leben haben.

Für die konzentrische Einkreisung der Eruptionsstelle bieten sich zwei vorzügliche Beispiele. Innerhalb der zerstörten Krater aus der zweiten Periode, Camaldoli—Posilippo, erhebt sich ein Kraterwall, der nur noch in seiner südöstlichen Hälfte vorhanden ist. R. T. Günther[1]) nennt ihn, da der Rest des zugehörigen Kraterbodens das Becken des früheren — künstlichen — Agnano-Sees enthält, Archiagnano. Die heutige Gestalt der Becken von Pianura, Soccavo und Fuorigrotta ist eine Folge dieser Aufschüttung des Archiagnano-Kraters, dessen höchster Punkt 214 m hat, bei einer Lage des Kraterbodens in nur 5 m Meereshöhe. Eine Schlackenanhäufung, Monte Spina, erhebt sich in seiner Südflanke, während die Hauptmasse aus detritischem Material, Bimsstein und Asche, besteht, wie man zu beiden Seiten des künstlichen Einschnittes bemerkt, durch den die Strasse von Neapel her in das weite Kraterbecken führt. Der südwestliche Teil der alten Kraterumwallung ist aber von einem jüngeren Vulkan, der Solfatara, überwölbt, und diese scheint wiederum älter zu sein, als der Vulkan Astroni, der den ganzen Nordwesten und Norden des alten Archiagnano-Kraters ausfüllt. Astroni ist der schönste Krater, der grösste und am vollständigsten erhaltene der Gegend.[2]) Innerhalb eines 200 m

---

1) R. T. Günther, The Phlegrean Fields. Geogr. Journ. 10. Bd. 1897. S. 425.

2) G. de Lorenzo e C. Riva, Il cratere di Astroni nei Campi Flegrei. Atti della R. Accad. delle Scienze fis. e nat. vol. IX. ser. 2. Napoli 1902.

tief eingesenkten Kraters sind drei jüngere Centralkrater, eine Lavakuppel, ein Schlackenstrom und ein Aschenkegel, aufgeschüttet. Aber während dieser, wie es scheint, jüngste Vulkan der Agnano-Reihe zu den erloschenen Vulkanen gehört, ist der unter dem nächst älteren, der Solfatara, gelegene Magmaherd noch nicht erschöpft. Aus dem Jahre 1198 wird von einem Ausbruch berichtet, und heute noch werden aus der Bocca grande und vielen anderen Poren des Kraterbodens und der Kraterwände Schwefelwasserstoff, Schweflige Säure und Kohlensäure exhaliert, weshalb die Solfatara auch den Namen für eine ganze Klasse vulkanischer Erscheinungen abgegeben hat. Die Solfatara hat auch gegen Süden zu den mächtigen Trachytstrom des Monte Olibano austreten lassen, und es wird darauf hingewiesen, dass die längere Dauer der Tätigkeit dieses Vulkans im Gegensatz zu dem einmaligen Paroxysmus der echten Schlacken- und Aschenvulkane eben auf die verhältnismässige Armut seines Magmaherdes an Wasserdämpfen zurückgeführt werden kann.

In den Flanken des Astronivulkans sitzen dann noch zwei parasitische Vulkane auf, im Westen der bis zu 207 m aufragende Kraterberg des Monte Cigliano und im Norden die niedrigen Schlackenwälle, die den Senga-Vulkan bilden. Im Gelände wenig hervortretend, erhebt sich dieser aus einer Reihenfolge von drei Ausbrüchen mit stetig kleiner werdendem Radius entstandene Vulkan kaum über die in etwa 100 m Meereshöhe liegende Hochfläche zwischen den Astroni und der Montagna Spaccata, also aus altem Krater-, oder wenigstens Explosionstrichterboden. Nur der innerste Krater (Fossa Lupara) ist vollständig erhalten, und dort ist es, wo in einem Lavaausfluss die Spalte klafft, nach der der Vulkan „Senga“ genannt wird. Sie dürfte wohl einer bei der Abkühlung erfolgten Aufreissung entsprechen.

Das zweite Beispiel von Einkreisung des vulkanischen Ausbruchsgebietes ist das System des Averner Vulkans. In diesem Falle ist die Westseite des alten Vulkans, Monte

Grillo und Monte Rosso, stehen geblieben, und in diesem Vulkanrest wurde ein Explosionskrater ausgeblasen, der im Verhältnis zu seiner Weite von nur unbedeutenden Bimssteinlagen umgürtete Kessel des Averner Sees. Dass er tatsächlich einer Explosion seine Existenz verdankt, dafür mag auch der Umstand sprechen, dass Fetzen von Vesuvlava in seinem Schlot mitgerissen wurden. Der Spiegel des Averner Sees liegt nur $1^1/_2$ m über dem Meeresniveau, die Sohle senkt sich sehr schnell zu einer gleichmässigen Tiefe von etwa 35 m.[1]) Sein südöstliches Ende aber ist überwallt von dem steilen Schlackenkegel des Monte Nuovo, der in der Zeit vom 27. zum 29. September 1538 in einmaligem Paroxysmus aufgeschüttet wurde.

Nach den von de Lorenzo gegebenen Profilen möchte es scheinen, dass die drei Krater von Miseno in die Zeit der dritten Ausbruchsperiode hinein tätig blieben. Dasselbe ist der Fall gewesen mit dem Krater der Montagna Spaccata.

Die anderen deutlich erhaltenen Krater, wie Santa Theresa, einen jugendlichen Miniaturkrater in der Ebene von Bagnoli, ferner Fondi di Baja, Monte Ruscello u. s. w. übergehe ich; mehr zu denken geben die grossen, mehr oder weniger vollständig erhaltenen Kesselebenen, die sich an manchen Stellen zwischen unzweifelhaften Kraterbergen eingeschaltet finden. Es ist schwer, in einem Kessel wie Rione Teano (zwischen Monte Barbaro und Monte Nuovo) eine simple Denudationserscheinung zu sehen, und ebenso ist der Steilrand von Torre Poerio (gegenüber vom Senga-Vulkan) auf keine Weise als natürlicher Abhang, aber auch nicht als Denudationsabhang zu deuten. Es liegt nahe, an Explosionserscheinungen zu denken. Am auffälligsten ist das in der Nordflanke des Phlegräischen Vulkans eingesenkte, mehrere (2 • 5 zu 4) Kilometer im Durchmesser messende Becken Piano di Quarto. Die Tuff- und Aschenschichten der Montagna Spaccata fallen nach Norden ab, die

1) Günther, a. o. O. Map III.

Montagna Spaccata bildet also nicht eine „Krater"umwallung des Piano di Quarto. Der nördliche Wall besteht, soweit ich sah, aus gelbem Tuff, ist also genetisch total verschieden vom Südwall. Suess[1]) denkt an eine Einsturzerscheinung, Einbruch auf Grund von Höhlenbildung infolge seitlichen Lavaaustritts. Ebensogut können wir uns das Piano aber als einen gewaltigen Explosionskrater denken. Denn es ist nicht einzusehen, wohin sich die Lava ergossen haben sollte, deren Entweichen eine so gewaltige „Pinge" hervorgerufen haben sollte. Jedenfalls ist das Piano eine junge Form. Die dritte Periode der vulkanischen Tätigkeit war also ausgezeichnet durch heftige Explosionen und durch Aufschüttungen mächtiger Schlackenkegel. Sie hat das heutige Antlitz der Phlegräischen Felder geschaffen, das wir uns in diesem kurzen Bericht auf Grund eigener Begehungen und des Studiums der Literatur zu deuten bemüht haben.

---

1) Face de la Terre (Antlitz der Erde) II. S. 611.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 2 Februar 1907

In der ordentlichen Sitzung vom 13. Februar sprach Herr Albert Thumb:

Die experimentelle Psychologie im Dienste der Sprachwissenschaft.

Während die Lehre vom Lautwandel und von den Lautgesetzen (das „physiologische" Moment der Sprachentwicklung) sich in der exakten Behandlung der Probleme der Arbeitsweise des Naturforschers nähert, ist der nicht weniger wichtige, vorwiegend „psychologische" Faktor im Leben der Sprache, den man unter dem Begriff der „Analogiebildung" zusammenfasst, einer gleichartigen exakten Untersuchung schwerer zugänglich. Die Lautphysiologie, insbesondere die Experimental-Phonetik macht sich die Ergebnisse und Methoden der Physiologie und Physik zu Nutze; aber die Erforschung der psychologischen Vorgänge des Sprachlebens zieht die Hilfsmittel, die von der experimentellen Psychologie geboten werden, nicht in gleicher Weise herbei. Und doch bietet auch hier (wie überhaupt in der Völkerpsychologie) die experimentelle Analyse der individuellen

seelischen Erscheinungen den besten Ausgangspunkt für die Untersuchung der allgemeinen Gesetze der Sprache. Wie gewisse lautliche Vorgänge beim individuellen „Versprechen“, z. B. Umstellung oder Verwechslung von Lauten (Kravallerist für Kavallerist, Kravierlehrer für Klavierlehrer) zur Illustrierung und Erklärung verwandter genereller Spracherscheinungen mit Nutzen herangezogen werden, so kann auch die Betrachtung der sprachlichen Analogiebildungen an entsprechende Vorgänge beim Versprechen anknüpfen: wer z. B. einen Satz aussprechen will das Wasser verd**a**mpft, statt dessen aber sagt das Wasser verd**u**mpft, weil beim Innervieren des Wortes verdampft sich die Wortvorstellung verdunstet ins Bewusstsein drängt, der erzeugt eine sprachliche Neuerung, die der Umbildung von lateinischem gravis zu vulgär-lat. grevis nach dem Muster von levis oder von lat. reddere zu rendere (ital. rendere, franz. rendre) nach prendere (franz. prendre) oder von deutschem elf zu ölf nach zwölf aufs genauste entspricht. Im Falle des verdumpft handelt es sich um eine individuelle, in den andern Fällen um eine generelle Störung einer Wortform durch eine andere, die associativ mit der gestörten Wortform verbunden ist. Sprachliche Aenderungen dieser Art werden als Analogiebildungen bezeichnet; die speziell angeführten Fälle werden auch Kontaminationsbildungen genannt zum Unterschied von den „grammatischen Angleichungen“, die eine Anähnlichung der Formen eines Paradigmas (Deklinations- und Koniugations-Formen) zur Folge haben; letzteres tritt z. B. ein, wenn die Flexionsformen ich gebe, du g**ie**bst, wir geben zu (mundartlich) ich gebe, du g**e**bst, wir geben ausgeglichen werden. Im folgenden soll uur die erste Gruppe (die der stofflichen Analogiebildungen oder sogen. Kontaminationen) näher betrachtet werden.

Vergegenwärtigen wir uns zunächst nochmals die psychische Konstellation, die Erscheinungen von der Art des verdumpft

zu grunde liegt: im Moment des Aussprechens von verdampft stört die Association verdunstet die Innervierung des gewollten Wortes. Analogiebildungen beruhen also auf bestimmten Associationstendenzen. Wenn man daher jene sprachlichen Tatsachen psychologisch erklären will, so hat man zu untersuchen, welche Eigenschaften den Associationen zukommen, die sprachlich wirksam werden. Da man unter Association jeden Vorgang versteht, bei dem eine gegebene Vorstellung **a** eine andere Vorstellung **b** hervorruft, so können natürlich zahlreiche Associationen von vornherein aus der speziell sprachwissenschaftlichen Betrachtung ausgeschieden werden: wenn z. B. das Bild einer Rose die Vorstellung des Duftes der Rose oder eines Blumenstrausses ins Bewusstsein ruft, so hat eine solche Association nichts mit der Sprache zu tun; aber das gilt auch, wenn das Wort Rose jene gleichen Vorstellungen auslöst; nur die Association von Worten — wenn also ein Wort ein anderes hervorruft — kommt für sprachpsychologische Zwecke in Betracht. Das Problem lautet mithin: welche Eigenschaften besitzen die Wortassociationen, denen die Fähigkeit zukommt, Analogiebildungen zu bewirken? Das Associationsexperiment giebt uns das Mittel, die Beantwortung der Frage zu versuchen; als Reizwörter sind solche Wortformen zu benutzen, die in der Sprache besonders leicht analogischen Umbildungen ausgesetzt sind. Unter diesem Gesichtspunkt wurden von mir 10 Verwandtschaftsnamen (Vater, Mutter u. s. w.), 10 Adjektiva von der Art gross, klein, leicht, schwer, 10 Pronomina, 10 Orts- und 10 Zeitadverbien, die Zahlen 1 bis 10 und 80 Infinitive als Wortmaterial gewählt. Bei den Versuchen, die ich schon vor Jahren in Gemeinschaft mit K. Marbe ausführte, wurde den acht Versuchspersonen die Aufgabe gestellt, auf ein zugerufenes Reizwort unmittelbar (jedoch nicht hastig) mit dem Worte zu antworten, das zuerst 'einfiel'; die Zeit wurde in der Weise gemessen, dass der Versuchsleiter beim Zuruf eine Fünftel-Sekunden-Uhr in

Bewegung setzte, beim Hören der Antwort arretierte.[1]) Weitere Versuche, die ich im Sommer 1905 und 1906 zusammen mit N. Ach im physiologischen Institut der Universität Marburg ausführte, fanden unter exakter Zeitmessung statt: wir bedienten uns eines Hipp'schen Chronoskops, das vom Versuchsleiter durch elektrischen Kontakt in Gang gesetzt, von der Versuchsperson durch Hineinsprechen in einen sogenannten Schallschlüssel (Schallrohr mit Membran) ebenfalls auf elektrischem Weg angehalten wurde. J. Watt[2]) wiederholte die Versuche ebenfalls mit genauer Zeitmessung, aber mit optisch dargebotenen Reizworten. Die einfachere Zeitmessung genügt jedoch durchaus für solche Associationsversuche, deren Ziel es ist, das relative Verhalten der verschiedenen Associationszeiten zu untersuchen, wie denn auch z. B. Jung und Ricklin[3]) sich bei ihren Versuchen des gleichen Verfahrens bedienten. Zwar ist die gemessene Bruttozeit wesentlich grösser als die reine Associationszeit (was übrigens auch für die kompliziertere Messung gilt); aber die Zeit- und Fehlergrösse ist im Verhältnis zur variabeln Associationsdauer annähernd konstant. Die feinere Zeitmessung der späteren Versuche ergab daher auch keine andere Gesetzmässigkeit als die einfache Messungsweise der früheren Versuche.

Unser Wortmaterial zeigte ein associatives Verhalten, das zunächst in zweierlei Beziehung bemerkenswert ist.

---

1) Vgl. darüber und über die Ergebnisse dieser Versuche Thumb und Marbe Experimentelle Untersuchungen über die psychologischen Grundlagen der sprachlichen Analogiebildung. Leipzig 1901. Ueber die im folgenden mitgeteilten neuen Ergebnisse werde ich ausführlich im 21. oder 22. Band der „Indogermanischen Forschungen" handeln.

2) Ueber Associationsreaktionen, die auf optische Reizworte erfolgen. Ztschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane. XXVI (1904), 417 ff.

3) S. u. S. 20.

1. Die Reizworte riefen bestimmte geläufige, d. h. von mehreren oder den meisten Versuchspersonen bevorzugte Reaktionen hervor. Das lehrt z. B. die folgende Tabelle (I), welche die Adjektiva mit ihren bevorzugtesten Associationen enthält.[1]) Die dritte Kolumne H_1 giebt an, wie oft unter acht Versuchspersonen die bevorzugteste Association eingetreten ist; die letzte Kolumne H_2 giebt die entsprechende Zahl für 23 Versuchspersonen. Zu den Ergebnissen von H_1 sind nämlich hinzugezählt diejenigen von Watt[2]) (acht Versuchspersonen), sowie die von mir mit sieben Versuchspersonen im Sommer 1905 erhaltenen Zahlen.

Tabelle I.

Reizwort	Bevorzugteste Association	H_1	Z	z	H_2
gross	klein	7	1,29	2,40	19
klein	gross	6	1,37	2,00	18
leicht	schwer	7	1,46	2,00	19
schwer	leicht	6	1,23	1,90	17
alt	jung	6	1,30	2,40	16
jung	alt	7	1,17	2,20	18
dick	dünn	7	1,26	2,00	18
dünn	dick	7	1,29	2,00	18
weiss	schwarz	7	1,63	1,60	16
schwarz	weiss	6	1,43	2,50	16

Diese und alle anderen Versuchsreihen zeigen ein typisches associatives Verhalten der verschiedensten Versuchspersonen: die Summe von H_1 ergiebt, dass 82,5 % der Reaktionen (66 von 80 Versuchen) den typischen oder geläufigen Asso-

1) Sie entspricht in Kolumne 1—5 der Tabelle VII bei Thumb und Marbe a. a. O. S. 27; die letzte Kolumne ist neu hinzugefügt.

2) Die Darbietung von Wortbildern (optischen Reizen) ergab die gleichen Associationen.

ciationen angehören; die Summe von H_2 beträgt 76 % aller (230) Versuche. Man darf also sehr wohl von einer Allgemeingiltigkeit gewisser Associationen sprechen. Tatsächlich zeigen denn auch die verschiedensten Sprachen Analogiebildungen, die in der Association von Adjektiven gegensätzlicher Bedeutung ihre Erklärung finden. Der Sprachforscher muss dabei die Voraussetzung machen, dass die zu grunde liegenden Associationstendenzen nicht nur vereinzelt, sondern mit einer gewissen Geläufigkeit in einer Sprachgemeinschaft auftreten, sonst würde die entsprechende sprachliche Störung sich nur als gelegentliche Form des Versprechens (verdumpft), nicht aber als generelle Analogiebildung (grevis statt gravis noch levis) äussern.

2. Aus Tabelle I ergiebt sich ferner, dass die durchschnittliche (in Sekunden angegebene) Zeit der bevorzugtesten Associationen (Kolumne *Z*) kürzer ist als die Dauer aller übrigen (vereinzelten) Associationen (Kolumne *z*). Zwischen Geläufigkeit (Anzahl gleicher Associationen unter *n* Versuchspersonen) und Associationszeit besteht eine wichtige funktionelle Beziehung: je geläufiger eine Association ist, desto kürzer ist die durchschnittliche Zeit, in der sie hervorgerufen wird, und zwar nimmt die Associationsdauer bei zunehmender Geläufigkeit zuerst sehr schnell, dann immer langsamer ab; vergl. im einzelnen die Tabelle und Kurve bei Thumb und Marbe S. 46. Auch dieses Resultat ist sprachpsychologisch bedeutsam: man erwartet nicht nur, dass die sprachlich wirksamen Associationstendenzen bei einer Mehrheit von Sprechenden sich zeigen, sondern auch, dass sie beim einzelnen Individuum so schnell wirken, dass sie eine Störung des innervierten Wortes hervorrufen können.

Bis zu diesem Punkt waren die Untersuchungen gediehen, die im Jahre 1901 veröffentlicht worden sind. Den Anlass zu einer neuen Fragestellung und zu neuen Versuchen gab eine Arbeit von A. Mayer und J. Orth, die sich auf Veranlassung Marbe's mit der qualitativen Untersuchung des

Associationsvorgangs beschäftigten [1]). Hierbei wurde festgestellt, dass sich die Associationen nach den Erlebnissen, die damit verknüpft sind, in drei Gruppen (Associationstypen) teilen lassen:

1. spontane Wortassociationen, bei denen sich die Reaktion sozusagen mechanisch und unmittelbar, d. h. ohne jedes besondere Erlebnis an das Reizwort anschloss; ich bezeichne sie mit *Ra*;

2. Wortassociationen mit begleitenden Gesichts- und andern Vorstellungen (*Rb*);

3. vermittelte Associationen, bei denen zwischen Reiz- und Reaktionswort irgend ein Erlebnis (z. B. eine visuelle Vorstellung, ein Gefühl) eingeschaltet war (*Rc*).

Die vermittelten Associationen zeigen eine durchschnittlich längere Zeitdauer als die spontanen Associationen; die einzelnen Individuen bevorzugen gewöhnlich einen Associationstypus, ohne jedoch des anderen zu entbehren.

Wie verhalten sich nun die sprachlich wirksamen, d. h. die geläufigen Associationen hinsichtlich dieser ebengenannten Eigenschaften des Associationsvorgangs? A priori ist wieder zu erwarten, dass nur reine Wort-Associationen (*Ra*), die sich unmittelbar und automatisch an das Reizwort anschliessen, eine störende Wirkung auf das innervierte Wort ausüben. Die Versuche, welche zu diesem Zweck Sommer 1905 mit sieben Versuchspersonen ausgeführt wurden, stimmten durchaus zu dieser Voraussetzung: die geläufigen Associationen gehören vorzugsweise dem Typus *Ra*, die vereinzelten Associationen vorzugsweise dem Typus *Rc* an, was man unmittelbar aus Tabelle II ersehen kann; die Zahlen geben an, in wie vielen Fällen jeweils bei den geläufigsten und

---

1) Zur qualitativen Untersuchung der Association. Ztschr. für Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane. XXVI. 1901. 1 ff.

den vereinzelten Associationen der Typus *Ra* oder *Rc* vertreten war.[1])

Tabelle II.

Reizwort	A Gesamtzahl der geläufigsten Associationen		B Anzahl der vereinzelten Associationen	
	Ra	*Rc*	*Ra*	*Rc*
Verwandtschaftswörter	19	15	4	14
Adjektiva	28	6	1	3
Pronomina	8	1	3	7
Adverbia	7	5	4	3
Zahlwörter	28	4	5	11
Verba	19	12	7	8
Summe	109	43	24	46

Die geläufigsten Associationen bevorzugen also um das 2,5fache den Typus *Ra* vor *Rc*, die vereinzelten Associationen dagegen um das 1,9fache den Typus *Rc* vor *Ra*: das Verhältnis dreht sich zwischen beiden Gruppen völlig um.

Nachdem wir für die sprachlich wirksamen Associationen die Eigenschaften der Geläufigkeit, relativen Schnelligkeit und Spontaneität festgestellt haben, können wir die Disposition eines Wortes zu einer Analogiebildung oder die 'Analogiebildende' Kraft (A) in einer Sprachgemeinschaft von n Individuen (also A_n) als Funktion jener drei Eigenschaften definieren, in denen sich die Festigkeit der associativen Verbindung zweier Wörter ausprägt. Diese Festigkeit ist demnach ein Mass für A_n; A_n kann daher in folgender Weise gemessen werden:

1) Die Klangassociationen sind hier weggelassen; auch der Typus *Rb* bleibt unberücksichtigt. Wegen dieser Dinge und anderer Einzelheiten muss ich auf meine ausführlichere Publikation verweisen.

1. $$A_n = \frac{H}{n},$$

worin H die Anzahl der geläufigsten Associationen unter n Individuen bedeutet. Je mehr H wächst, desto grösser wird die Disposition zu einer Analogiebildung; der günstigste Wert wird erreicht, wenn $H = n$ wird, dann ist $A_n = 1$.

2. $$A_n = \frac{1}{Z},$$

wobei Z die durchschnittliche Dauer der geläufigsten Association bedeutet. Je schneller im Durchschnitt eine Association eintritt, desto leichter kann sie das 'Reizwort' beeinflussen. Wenn wir statt $\frac{1}{Z}$ den Bruch $\frac{1}{Z+1}$ einsetzen[1]), so nähert sich der Grenzwert von A_n mit der Abnahme von Z ebenfalls immer mehr dem Werte 1.

3. $$A_n = \frac{Ra}{H},$$

worin Ra die Anzahl der entsprechenden geläufigsten und zugleich spontanen Associationen, H die Anzahl der im Ganzen vorkommenden geläufigsten Associationen bezeichnet. Der günstigste Fall (Grenzwert $= 1$) tritt ein, wenn $Ra = H$ ist; wird aber $Ra = O$, so wird $A_n = O$: in diesem Falle wäre überhaupt keine Neigung zur Analogiebildung vorhanden.

4. Das Zeitmoment (Nr. 2) kann mit dem Auftreten von Ra kombiniert werden; eine Störung des innervierten Wortes wird umso leichter eintreten, je schneller dasselbe eine spontane Wort-Association hervorruft. Dem entspricht die Formel

$$A_n = \frac{Ra}{H \cdot z},$$

worin z die durchschnittliche Dauer der Associationen Ra bezeichnet. Auch hier nähert sich der Wert des Bruches immer

---

1) Darauf machte mich Herr Professor Richarz in der Diskussion des Vortrages aufmerksam.

mehr dem Werte 1, je kleiner z und je grösser Ra wird (vgl. den Grenzwert 1 bei Nr. 3).

Die Anwendung von Formel 4 ergibt z. B. bei den Versuchspersonen von Tabelle II für die Association

Vater — Mutter 0,69
Mutter — Vater 0,76
Base — Vetter 0,24

Die Wahrscheinlichkeit des Effektes, dass die Worte Vater, bezw. Mutter durch das entsprechende Associationswort beeinflusst werden, ist also für unsere Versuchspersonen rund dreimal so gross als das Eintreten einer Störung des Wortes Base durch die Association Vetter. Wie weit die Formeln durch mathematische Operationen umgestaltet werden müssen, um empirisch richtige Zahlen und Zahlenverhältnisse zu ergeben, bleibt künftiger Prüfung vorbehalten. Das gilt auch von einigen anderen Problemen, die sich mir aus den bisherigen Untersuchungen ergeben haben, aber noch der experimentellen Bearbeitung harren.

So kann man z. B. die Frage aufwerfen, wie weit die im Experiment gegebene psychologische Konstellation sich der des natürlichen Sprechens nähert, und ob eventuell eine besondere Versuchsanordnung der natürlichen Konstellation noch mehr genähert werden kann. Wenn wir sprechen, ist unsere Aufmerksamkeit nicht wie beim Experiment auf die Tätigkeit des Associierens gerichtet; wir sind vielmehr durch den Gesprächsstoff davon abgelenkt. Wie sich die 'normalen' Associationen (bei der üblichen Versuchsanordnung) zu den unter dem Einflusse der Ablenkung gewonnenen Associationen verhalten, zeigen die Versuche von Jung und Ricklin[1]), die mit 38 Versuchspersonen im ganzen 12400 Associationen lieferten. Die Ablenkung wurde in der Weise erreicht, dass

1) Diagnostische Associationsstudien. I. Journ. f. Psychol. und Neurologie. III. und IV.

die Versuchsperson gleichzeitig mit Metronomschlägen (60, später 100 in jeder Minute) Bleistiftstriche von etwa 1 cm Länge zu machen hatte. Das Ergebnis war: „Die hochwertigen inneren Associationen treten in der Ablenkung zurück gegenüber den zunehmenden äusseren Associationen“ (a. a. O. IV, 45). Mit anderen Worten, d. h. im Sinne meiner Anschauungen, heisst das: die mechanischen, rein sprachlichen Reaktionen nehmen bei Ablenkung der Aufmerksamkeit zu. Diese Zunahme erhellt aus Tabelle III; ich beschränke mich hier auf die bei männlichen Versuchspersonen erzielten Resultate.

Tabelle III.
(Die Zahlen geben Prozente an.)

Art der Association	Ungebildete		Gebildete	
	normal	äussere Ablenkung	normal	äussere Ablenkung
Sprachlich-motor. Form [1])	24,0	28,8	34,2	39,0
Gleiche gramm. Kat.	59,5	66,1	49,1	55,5
Gleiche Silbenzahl	39,0	46,95	35,0	43,7
Klang	0,6	1,1	1,9	5,9
Reim	—	0,95	0,6	1,1

Die Associationen rein sprachlicher Art, welche allein für das Problem der Analogiebildungen in Betracht kommen, nehmen demnach bei einer psychologischen Konstellation zu, die sich der Konstellation des natürlichen Sprechens mehr nähert als es beim üblichen Associationsversuch der Fall ist. Aus der Arbeit von Jung und Ricklin ist nicht zu entnehmen, ob das Auftreten des Associationstypus *Ra* und das Auftreten ‘geläufiger’ (typischer) Associationen durch die Ablenkung beeinflusst bezw. begünstigt wird; das letztere ist anzunehmen, muss aber noch experimentell geprüft werden.

1) Darunter verstehen die Verfasser Associationen wie dunkel—hell, Krieg—Frieden, also solche, die von mir reine Wortassociationen genannt werden.

Wie die geläufigen und spontanen Wortassociationen zu stande kommen, ist eine Frage für sich. Dass die Wortassociationen erst allmählich mit der zunehmenden Herrschaft über die Sprache ihre Festigkeit (Geläufigkeit, Schnelligkeit und Spontaneität) erreichen, zeigt ein Vergleich mit der Associationstätigkeit des Kindes. Ich begnüge mich mit einer kurzen Andeutung: der Anteil von fünf Kindern an den geläufigsten Associationen betrug 29 %, der von drei Erwachsenen dagegen 74 %; die mittlere Zeitdauer der geläufigsten Associationen war bei den fünf Kindern 2,72, bei den drei Erwachsenen 0,96 Sekunden[1]; auch Ziehen[2]) stellte für Kinder längere Associationszeiten fest und beobachtete ausserdem eine allgemeine Beschleunigung der Associationstätigkeit mit zunehmendem Alter der Kinder.[3]) Diese psychologischen Tatsachen geben die Möglichkeit, einer Frage in exakter Weise näher zu treten, die von Sprachforschern öfter aufgeworfen wurde: ob die Umbildung der Sprache im Uebergang von einer Generation zur anderen, d. h. in der aufwachsenden jungen Generation stattfinde. Was die Gruppe von Analogiebildungen betrifft, die wir im Vorstehenden zum Ausgangspunkt gewählt haben, so ist die Frage zu verneinen: denn den zugrundeliegenden kindlichen Associationen fehlen die Eigenschaften, welche wir für das Zustandekommen von sogen. Kontaminationsbildungen vorauszusetzen haben.

Nachdem wir die sprachlich wirksamen Associationen hinsichtlich einiger wichtigen Eigenschaften analysiert haben, kann endlich noch gefragt werden, ob durch das Experiment künstlich Analogiebildungen erzeugt werden können: durch eine experimentelle Synthese der bei der Analyse gewonnenen

---

1) Diese Zahlen sind aus den Tabellen von J. Watt (s. o.) berechnet.

2) Die Ideenassociation des Kindes. 2 Teile. Berlin 1898. 1900.

3) a. a. O. II. 51 ff. Herr Professor Schenck macht mich darauf aufmerksam, dass überhaupt beim Kinde die nervösen Leitungsbahnen weniger als beim Erwachsenen 'eingeübt' sind.

Faktoren könnte vor allem untersucht werden, in welcher absoluten und relativen Stärke die einzelnen Eigenschaften einer sprachlich wirksamen Association vorhanden sein müssen, um einen sprachlichen Effekt hervorzurufen; hierbei würden die oben genannten Formeln eine wichtige Rolle spielen. Weitere Bedingungen für das Eintreten einer Analogiebildung würde man vermutlich exakt nachweisen können (so z. B. den Einfluss der Lautform). Eine Versuchsanordnung, durch welche künstliche Analogiebildungen zu erzielen sind, ist zu finden; Wortgebilde des 'Versprechens', die gelegentlich bei Associations- und andern Versuchen sich eingestellt haben, zeigen das. So hat z. B. J. Watt[1]) seinen Versuchspersonen unter anderm die Aufgabe gestellt, zu einem Begriff einen untergeordneten Begriff anzugeben; da in diesem Falle leicht zwei Wortvorstellungen sich ins Bewusstsein drängten und mit einander kämpften, so ergaben sich bisweilen „Interferenzwirkungen“, d. h. sprachliche Kontaminationen vom Typus verdumpft oder grevis; vergl.

Zimmer : Tusch = Tisch × Stuhl
Kloster : Nönch = Nonne × Mönch
Haus : Stür = Türe × Stuhl

Eine Versuchsordnung, die auf die Erzeugung künstlicher Kontaminationen ausgeht, wird gut tun, mit einem sprachlich völlig neutralen Material, d. h. mit künstlichen Lautgebilden zu operieren; denn die Wortformen der Muttersprache sind bereits in ihrem associativen Verhalten bestimmt, d. h. mit anderen Wortformen associativ verknüpft — ein Umstand, der die quantitative und qualitative Untersuchung der künstlich hervorgerufenen sprachlichen Störung erschweren würde.

---

1) Experimentelle Beiträge zu einer Theorie des Denkens. Arch f. d. gesamte Psychol. IV. 289 ff.

In derselben Sitzung berichtete Herr A. Wigand:

Ueber die Abhängigkeit der spezifischen Wärme c_p der Gase vom Druck.

Beim eingehenderen Studium der spezifischen Wärme hat bisher mehr ihre Temperaturabhängigkeit im Vordergrunde des Interesses gestanden. Ihre Abhängigkeit vom Drucke ist aber nicht weniger wichtig. Wenn auch wegen der grösseren experimentellen Schwierigkeiten erst verhältnismässig wenige direkte Untersuchungen vorliegen, so ist es doch mit Hilfe der Thermodynamik bereits möglich, die vorliegenden Verhältnisse zu übersehen. Bei den Gasen lassen sich Theorie und Experiment sogar quantitativ mit einander vergleichen.

Durch Anwendung der beiden Hauptsätze der Thermodynamik wird die folgende für beliebige Körper gültige Gleichung hergeleitet[1]:

$$\frac{\partial c_p}{\partial p} = - \frac{T}{J} \frac{\partial^2 v}{\partial T^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Hierin bedeutet c_p die spezifische Wärme bei konstantem Drucke, p den Druck, v das Volumen, T bie absolute Temperatur und J das mechanische Wärmeäquivalent.

Eine analoge Gleichung gilt für die spezifische Wärme bei konstantem Volumen c_v[2]:

$$\frac{\partial c^v}{\partial v} = \frac{T}{J} \frac{\partial^2 p}{\partial T^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

---

1) G. Kirchhoff, Theor. d. Wärme 1894. p. 72, 79 und 87; R. Clausius, Mech. Wärmetheor. I. 1887. p. 186; M. Planck, Thermodynamik 1897. p. 115.

2) Clausius, l. c.; H. v. Helmholtz, Vorles. VI. 1903. p. 224.

Sie ist von M. Reinganum[1]) mittelst der experimentellen Daten von C. Dieterici für c_v und S. Young für $\frac{\partial p}{\partial T}$ an Isopentan geprüft und bestätigt worden. Auch A. Witkowski[2]) hat diese Gleichung mit Erfolg benutzt, um seine Resultate für die thermische Ausdehnung und Kompressibilität der Luft mit den experimentell von Joly[3]) gefundenen Werten für c_v zu vergleichen.

Versuchen wir zunächst die Gleichung (1) auf die Gase anzuwenden. Bei einem idealen Gase ist v eine lineare Funktion der Temperatur. Also folgt aus der Gleichung (vgl. Kirchhoff, l. c. p. 73—74), dass hier c_p unabhängig ist vom Drucke:

$$v = a\,T$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial T^2} = 0$$

$$\frac{\partial c_p}{\partial p} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Diese Beziehung wird, zusammen mit der Unabhängigkeit der spezifischen Wärme vollkommener Gase von der Temperatur, als „Regnaultsches Gesetz“ bezeichnet und bestätigt sich in dem Maasse durch die experimentellen Resultate, als die betreffenden verdünnten Gase dem Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetze gehorchen.

Exakt ist das Regnaultsche Gesetz jedoch nicht gültig. Der Wert von $\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}$ ist im allgemeinen von null verschieden und gestattet daher auf grund der Gleichung (1) einen Schluss auf die Aenderung der spezifischen Wärme bei konstantem Drucke c_p mit dem Drucke p.

1) M. Reinganum, Drudes Ann. 18. p. 1008. 1905.

2) A. Witkowski, Journ. de Phys. (3) 5. p. 123. 1896; vgl. auch E. H. Amagat, Journ. de Phys. (3) 5. p. 114. 1896; S. Valentiner, Drudes Ann. 15. p. 74. 1904.

3) Joly, Phil. Transact. London, vol. 182, 185. A.

Die Grösse von $\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}$ für eine Substanz ist allgemein gegeben durch die Aenderung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten mit der Temperatur. Für das Volumen v bei einer beliebigen Temperatur t^0 gilt die empirische Gleichung:

$$v = v_0 \cdot f(t) = v_0 \, (1 + \alpha t + \beta t^2 + \cdots), \quad \ldots \quad (4)$$

worin v_0 das Volumen bei 0^0 ist. Bezieht man die Gleichung auf die Gewichtseinheit der Substanz, so ist:

$$\frac{1}{v_0} = d_0 \quad ,$$

gleich der Dichte bei 0^0 bezogen auf Wasser.

Durch Differentiation der Gleichung (4) folgt:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = v_0 \cdot \frac{\partial f}{\partial t} = v_0 \, (\alpha + 2 \beta t + \ldots)$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = v_0 \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = v_0 \, (2 \beta + \ldots)$$

$\frac{\partial f}{\partial t}$ ist der „wahre kubische Ausdehnungskoeffizient“. Sehen wir in der Reihenentwicklung der Funktion f von den Gliedern höherer als zweiter Ordnung ab, so wird:

$$\frac{\partial^2 v}{\partial T^2} = \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 2 \, v_0 \cdot \beta \quad \ldots \ldots \quad (5)$$

Die empirische Konstante β ist also das Maass für $\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}$. Die Gleichung (1) lautet alsdann:

$$\frac{\partial c_p}{\partial p} = - \frac{2 T v_0}{J} \cdot \beta = - \frac{2T}{J d_0} \cdot \beta \quad \ldots \quad (6)$$

Zur qualitativen Bestätigung bei nicht-idealen Gasen liegen zahlreiche experimentelle Daten vor. Durchweg nimmt hier, wenn man sich nicht dem kritischen Zustand allzusehr nähert, der Ausdehnungskoeffizient mit steigender Temperatur ab, und die spezifische Wärme

wächst, wie es die Gleichung verlangt, mit steigendem Drucke.

Die Ausdehnungskoeffizienten der Tabelle I sind den Tabellen von Landolt-Börnstein-Meyerhoffer, 1905, p. 215—216, entnommen, ohne dass jedoch durch die hier zitierten Werte das vorhandene experimentelle Material erschöpft wäre.

Tabelle I.

Name des Gases	Temperatur	Druck	mittlerer Ausdehnungskoeffizient (bei konst. Druck)	Beobachter
Stickstoff N_2	0 bis 20°	1002 mm	0,0036770	Chappuis
"	0 " 40°	" "	0,0036750	"
"	0 " 100°	" "	0,0036732	"
Kohlensäure CO_2	0 " 20°	518 "	0,0037128	"
"	0 " 40°	" "	0,0037100	"
"	0 " 100°	" "	0,0037073	"
"	0 " 64°	12988 "	0,005136	Andrews
"	64 " 100°	" "	0,004747	"
Schweflige Säure SO_2	25°	760 "	0,00394	Amagat
"	50°	" "	0,003846	"
"	100°	" "	0,003757	"
"	200°	" "	0,003695	"
"	250°	" "	0,003685	"
Wasserdampf H_2O	0 bis 141°	" "	0,004189	Hirn
"	0 " 162°	" "	0,004071	"
"	0 " 200°	" "	0,003938	"
"	0 " 247°	" "	0,003799	"

Nach Versuchen von Lussana[1]) ändert sich c_p bei einigen Gasen bis zu Drucken von 34 Atmosphären annähernd proportional dem Drucke, sodass man setzen kann:

1) S. Lussana, nuovo Cimento (3) 36. p. 134—139. 1894.

$$c_p = c_{p_1} + \gamma\,(p - 1).$$

$$\text{Also: } \frac{\partial c_p}{\partial p} = \gamma.$$

Hier ist $c_{p_1} = c_p$ für $p = 1$ Atmosphäre, γ der Druckkoeffizient bei Zunahme dss Druckes um eine Atmosphäre. Die Konstante γ ist stets positiv und nimmt für verschiedene Gase, nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgerechnet, die in der Tabelle II verzeichneten Werte an.

Tabelle II.

Name des Gases	Temperatur (in Centigr.)	Druck (in Atmosph.)	c_{p_1}	$dc_p = \gamma$ (für $dp = 1$ Atm.)
Luft	24 bis 94	6,45 bis 32,52	0,23707	0,00150
Wasserstoff H_2	25 „ 95	6,66 „ 32,95	3,4025	0,0133
Methan CH_4	26 „ 95	7,16 „ 33,31	0,5915	0,0035
Kohlensäure CO_2	**26 „ 95**	**7,41 „ 34,01**	**0,20130**	**0,00192**
Aethylen C_2H_4	11 „ 95	5,60 „ 29,14	0,40387	0,00160
Stickoxydul N_2O	26 „ 95	7,25 „ 34,31	0,22480	0,00184

Die Resultate von Lussana[1]) für c_p und von Chappuis[2]) und Andrews[3]) für den Ausdehnungskoeffizienten bei Kohlensäure reichen auch zur quantitativen Prüfung der Gleichung (6) aus. Zu dem Zwecke wurde die Aenderung von c_p bei einer Druckzunahme von einer Atmosphäre auf Grund der Formel (6) berechnet:

$$dc_p = -\frac{2T\beta}{Jd_0} \cdot 1 \text{ Atm.} = -\frac{2\,(273 + t) \cdot \beta \cdot 1{,}013 \cdot 10^6}{4{,}184 \cdot 10^7 \cdot d_{0,p}},$$

wobei ein den Versuchen von Lussana entsprechendes Tem-

1) S. Lussana, l. c.

2) P. Chappuis, Trav. et Mém. du Bur. intern. des Poids et Mes. 13. 190. 1903; Fortschr. d. Phys. 60. II. p. 634. 1904.

3) Th. Andrews, Proc. Roy. Soc. 24. 455. 1876; Phil. Mag. (5) 3. 63. 1877.

peratur- und Druckintervall ausgewählt wurde. Aus den experimentell gefundenen „mittleren Ausdehnungskoeffizienten“ ($\alpha'_{t-t'}$) findet man die Grösse von β, indem man α aus zwei Gleichungen von der folgenden Form eliminiert[1]):

$$\alpha'_{t-t'} = \frac{v_{t'} - v_t}{v_0\,(t' - t)} = \alpha + \beta\,(t' + t).$$

Die Dichte d_0 der Kohlensäure für die betreffenden Drucke P (in Atmosphären) ergab sich aus den Werten von Rayleigh und Leduc[2]) nach der Formel:

$$d_{0,P} = 1{,}52892 \cdot 0{,}0012928 \cdot P.$$

Tabelle III.

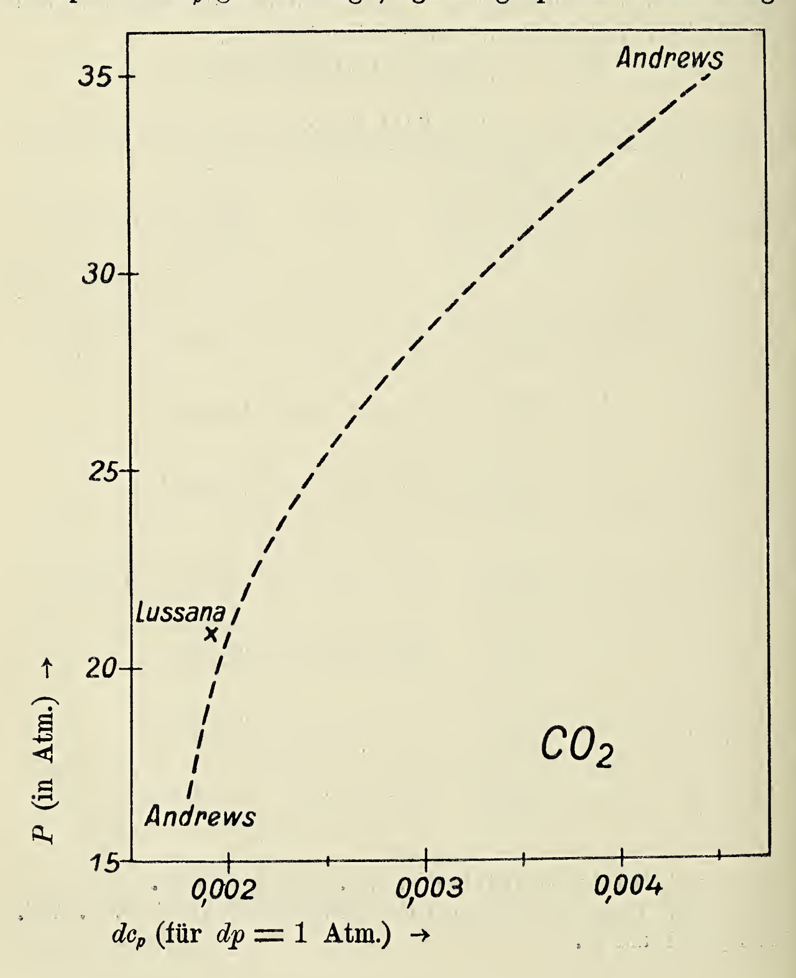
Druck P Atm.	Temperatur t°	mittlerer Ausdehnungskoeffizient (bei konst. Druck P) α'	β	dc_p berechnet für d_p = 1 Atm.	Beobachter
0,682	0 bis 40 40 „ 100	0,00370995 0,00370733	—0,0437 · 10^{-6}	+0,00048	Chappuis
1,313	0 „ 40 40 „ 100	0,00375359 0,00374097	—0,2103 · 10^{-6}	+0,00121	„
1,812	0 „ 40 40 „ 100	0,00379064 0,00377033	—0,3385 · 10^{-6}	+0,00141	„
17,09	0 „ 64 64 „ 100	0,005136 0,004747	3,89 · 10^{-6}	+0,00184	Andrews
22,26	0 „ 64 64 „ 100	0,005811 0,005233	5,88 · 10^{-6}	+0,00213	„
27,69	0 „ 64 64 „ 100	0,006737 0,005730	—10,07 · 10^{-6}	+0,00294	„
34,49	0 „ 64 64 „ 100	0,008450 0,006574	—18,76 · 10^{-6}	+0,00440	„

1) vgl. Müller-Pouillet II. 2. p. 47. 9. Aufl. 1898.

2) vgl. Landolt-Börnstein-Meyerhoffer, Tab. 3. Aufl. 1905. p. 223 und 11.

Die berechneten Werte für dc_p in dieser Tabelle stimmen mit dem beobachteten Mittelwerte von Lussana (Tab. II) in Vorzeichen und Grössenordnung überein, was bei den Schwierigkeiten der genauen Messung dieser kleinen Grössen immerhin befriedigend ist.

Nimmt man für den Lussanaschen Wert ($dc_p = 0{,}00192$) das Mittel aus den Grenzen des ihm zukommenden Druckintervalles (20,7 Atm.), so wird er durch das nach Andrews für denselben Druck interpolierte dc_p gut bestätigt; vgl. die graphische Darstellung.



Es zeigt sich nach der Berechnung deutlich, dass dc_p mit steigendem Drucke wächst, dass also $\frac{\partial^2 c_p}{\partial p^2}$ positiv sein wird. Von Lussana wird ein solches Verhalten allerdings durch die erwähnten Versuche nicht bestätigt, wohl aber durch andre Versuche bei 79° und Drucken bis zu 87 Atmosphären[1]. Die Werte von Chappuis schliessen sich nicht direkt an die Andrewsschen an, da die zugehörigen Temperaturen verschieden sind.

Eine ähnliche Berechnung auf grund der Gleichung (1) hat A. Witkowski[2]) für Luft ausgeführt, indem er aus seinen experimentell gefundenen Werten für die thermische Ausdehnung die Werte von c_p bei verschiedenen Temperaturen und Drucken mittelst graphischer Methoden berechnete. Er bemerkt, dass Lussana eine ähnliche Aenderung von c_p mit dem Drucke direkt gefunden habe. Für Wasserdampf sind die fraglichen Verhältnisse eingehend im Münchener Laboratorium für technische Physik[3]) untersucht worden. Durch die Versuche von O. Knoblauch, R. Linde, H. Klebe und M. Jakob liegen die Daten für Druck, Temperatur und Volumen sowie für die spezifische Wärme c_p des überhitzten Wasserdampfs mit genügender Sicherheit vor, so dass die thermodynamischen Gleichungen auch hier gut bestätigt werden.

Wendet man die Gleichung (1) auf Flüssigkeiten und feste Körper an, so findet man, dass die Verhältnisse

1) S. Lussana, nuovo Cimento (3) 36. p. 5, 70, 130. 1894; (4) 2. p. 327. 1895; (4) 3. p. 92. 1896; vgl. auch A. Winkelmann, Handb. d. Phys. III. 1906. p. 230—231.

2) A. Witkowski, Journ. de Phys. (3) 5. p. 123. 1896; vgl. auch A. Winkelmann, l. c.

3) O. Knoblauch, R. Linde, H. Klebe und M. Jakob, Mitteil. ü. Forschungsarb. a. d. Geb. d. Ingenieurwesens 21. p. 57. 1905; 35, 36. p. 109. 1906; Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 49. 1905; Sitzungsber. d. mathem.-phys. Klasse d. Kgl. Bayr. Akad. d. Wiss. 35. p. 441. 1905. Daselbst auch weitere Zitate betr. die spez. Wärme c_p des Wasserdampfs.

im allgemeinen umgekehrt sind[1]). Da der Ausdehnungskoeffizient fast ausnahmslos mit steigender Temperatur wächst, so ist vorauszusehen, dass die spezifische Wärme mit steigendem Drucke abnehmen wird. Für Amylen (C_5 H_{10}) ist dies bereits experimentell bestätigt; vgl. auch G. Kirchhoff, l. c. p. 79—80.

Unter Benutzung der Resultate von Joule und Thomson entwickelt Kirchhoff[2]) die Gleichung (1) in die folgende Form:

$$\frac{\partial c_p}{\partial p} = \frac{2 c_p \alpha}{T^3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

α ist eine positive, für das betreffende Gas charakteristische empirische Konstante und stellt, dividiert durch das Quadrat der absoluten Temperatur, die Abkühlung dar, die das Gas infolge des Joule-Thomson-Effektes pro Atmosphäre Druckdifferenz erfährt. Sie lässt sich auch aus der van der Waalsschen Zustandsgleichung berechnen[3]). Da die Grössen auf der rechten Seite der Gleichung (7) alle positiv sind, folgt also auch hieraus, dass sich c_p und p bei Gasen im gleichen Sinne ändern. Linde[4]) fand durch rationelle Ueberlegungen bei Wiederholung der Joule-Thomsonschen Versuche im grossen Stil, dass die spezifische Wärme c_p der Luft mit dem Drucke wachse, und zwar um so mehr, je niedriger die Temperatur ist.

---

1) Tabellen von Landolt-Börnstein-Meyerhoffer 1905. p. 198 ff. und 400.

2) G. Kirchhoff, l. c. p. 87; vgl. auch M. Planck, Thermodynamik 1897; p. 117.

3) J. D. van der Waals, Kontinuität d. gasförm. und flüss. Zustandes, deutsch von F. Roth, 1881. p. 112—116.

4) C. Linde, Wied. Ann. 57. p. 328. 1896.

Tabelle IV.

Name des Gases	α (nach Joule u. Thomson)	p (in Atm.)	t°	c_p	dc_p für d_p = 1 Atm. berechnet	dc_p für d_p = 1 Atm. beobachtet
Kohlensäure	$1{,}39 \cdot 273^2$	7,41 bis 34,01	+ 60	0,2132 bis 0,2645	+ 0,00134	+ 0,00192
Luft	$0{,}28 \cdot 273^2$	6,45 „ 32,52	+ 59	0,2443 „ 0,2843	+ 0,00030	+ 0,00150

Tabelle IV enthält die nach Gleichung (7) für dc_p von Luft und Kohlensäure berechneten Werte neben den von Lussana (l. c.) beobachteten. Die Gleichung befindet sich also in einer den Ansprüchen genügenden Uebereinstimmung mit der Erfahrung, eine neue Bestätigung der Joule-Thomsonschen Messungen.

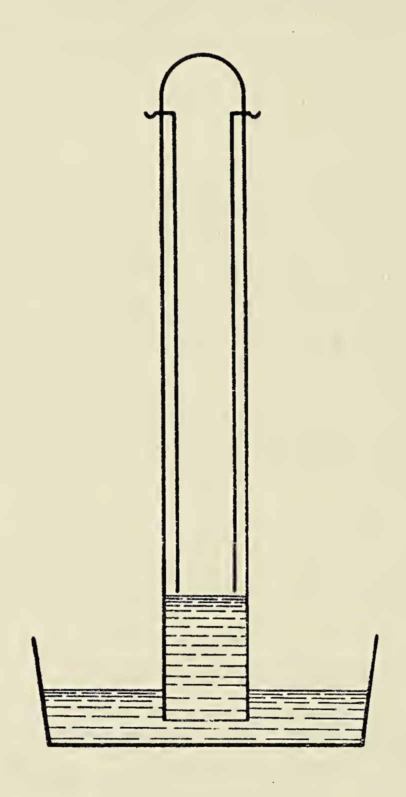
Immerhin ist die von empirischen Elementen freie Gleichung (1) für sicherer als die Gleichung (7) anzusehen.

Herr A. Wigand berichtete ferner:

Ueber die Steigerung der katalytischen Wirkung des Platins auf die Knallgasvereinigung durch galvanische Polarisation.

Anknüpfend an einen Brief Wöhlers (Göttingen) an Buff (Giessen) aus dem Jahre 1869 habe ich eine Reihe von Versuchen gemacht, um die auch sonst schon vielfach beobachtete Tatsache weiter aufzuklären, dass die katalytische Kraft von blankem Platin bedeutend gesteigert wird, wenn man es zuvor als Elektrode in einer Wasserzersetzungszelle benutzt hat.

Von einer Mitteilung der einzelnen Versuche und ihrer Variationen soll vorläufig abgesehen werden, bis auch die quantitativen Verhältnisse genauer untersucht sind. Das Schema der Versuchsanordnung ist folgendes:



In einem Eudiometerrohr mit Elektroden aus blankem Platindraht oder Blech wird aus verdünnter Schwefelsäure Knallgas entwickelt, sodass sich die Elektroden schliesslich ganz in dem Gase befinden. Die Verbindung mit der Batterie wird unterbrochen. Man beobachtet dann während mehrerer Stunden ein allmähliches Steigen der Flüssigkeit, in der Regel bis zur vollständigen Bedeckung des Platins.

Erklärt wird diese Erscheinung dadurch, dass das Platin infolge der vorhergegangenen galvanischen Polarisation oberflächlich aufgelockert und intensiv mit Wasserstoff und Sauerstoff beladen ist. Die katalytische Wirkung auf die Knallgasvereinigung wird so in ähnlicher Weise gesteigert, wie wenn das Platin schwarz platiniert worden wäre. Gut gereinigtes und ausgeglühtes blankes Platin besitzt die katalytische Eigenschaft nur in geringem Maasse.

Aufgelegte Schriften:

1. Bergen	Bergen Museum Sars, Crustacea of Norway V 15 und 16 .	1906
2. Boston	The American Naturalist 40. und 41. Band, Nr. 480 und 481	1906
3. „	Society of natur. history a) Proceedings 32. Bd., Nr. 3—12 u. Tit.; 33. Bd., Nr. 1 u. 2 b) Occasional papers VII 4—7	1905/6
4. Chapel Hill	El. Mitchell scientific Society Journal XXII, Nr. 3	Nov. 1906
5. Chur	Naturf. Ges. Graubündens Jahresbericht N. F., 48. Bd.	1906
6. Dresden	Ges. Isis Sitzungsberichte 1906, Januar — Juni . .	1906
7. Granville	(Ohio) Denison University Bulletin of the scientific laboratories XIII 3[6]	1906
8. Halle a. S.	Kaiserl. Leop.-Car. Akademie Leopoldina, 42. Heft, Nr. 12 u. Titel . . .	1906
9. Helsingfors	I. Finska Vetenskaps-Societeten a) Finlands Natur och Folk, 63. Heft . . .	1905
	b) Förhandlingar, 47. Heft	1905
	II. Societas pro fauna et flora fennica a) Meddelanden 1904/05 u. 1905/06 . . .	1906
	b) Acta 27 u. 28	1905/06
10. Karlsruhe	Naturw. Verein Verhandlungen, 19. Bd.	1906
11. Lima	Cuerpo de ingenieros de minas Boletin, Nr. 40, 42 u. 43	1906
12. Magdeburg	Museum f. Natur- u. Heimatkunde Abhandlungen, I. Bd., 2. u. 3. Heft . . .	1906
13. Manchester	Lit. and phil. society Memoirs and proceedings, 51. Bd., I . . .	1907

14. Mannheim	Verein f. Naturkunde	
	Jahresbericht Nr. 71 u. 72	1906
15. New-York	Public library Astor Lenox	
	Bulletin X. Bd., Nr. 12	1906
16. „	Public library	
	Bulletin XI., Nr. 1	1907
17. Philadelphia	Am. phil. Society	
	Proceedings 45. Bd., Nr. 183	1906
18. „	Acad. of nat. sciences	
	Proceedings 58. Bd., II, Mai — September 1906	1906
20. Pisa	Societa toscana et	
	Atti. vol. XVI, Nr. 1	1906/07
21. Roma	Accad. dei Lincei	
	Atti. 5. Ser., XV. Bd., 11 u. 12 u. XVI, 1	1906/07
22. „	Accademia dei Lincei	
	Atti. XV. Bd., 10. Fasc., II. Tem.	1906
23. St. Louis Mo.	Missouri botanical gardeu	
	Jahresbericht	1906
24. Stuttgart	Zeitschrift f. Naturwissenschaften	
	78. Bd., 4. u. 5. Heft	1907
25. Upsala	Entomol. föreningen i. Stockholm	
	Entomologisk tidskrift 1906, Heft 1 u. 4 .	1906
26. „	Geol. institution of the Univ. of Upsala	
	Bulletin VII. Bd., Nr. 13 u. 14	1906
27. Urbana Ill.	Illinois state laboratory	
	Bulletin VII. Bd., 6 u. 7	1906/07
28. Washington	U. St. geolog. Survey	
	1. Water-Supply and Irrigation Papes Nr. 155 156, 158—160, 162—164, 170, 172—181, 186	1906
	2. Bulletin Nr. 275, 277, 278, 280, 281, 282, 283—285, 288—293, 298, 301	1906
	3. Professional papes Nr. 50, 51 u. 55 in 4°	1906
29. „	U. St. Naval observatory	
	Synopsis of the report for 1905/06 . . .	1906
30. „	Smithsonian Miscell. Collections 49. Bd.	
	Hodgkins Fund	1906
31. Wien	Geolog. Reichsanstalt	
	Verhandlungen 1906, Nr. 11 u. 13	1906
32.	American Acad. of arts and sciences Proceedings	
	Nr. 42—13	
33.	American Academy of arts and sciences	
	Proceedings 42. Bd., 12	1906
34.	Zeitschrift f. Naturwissenscbaften	
	78. Bd., 1905/06, Heft 1 u. 2 . . . . . 8. III.	1906
35. Cambridge	Museum of Comparative	
	Zoology. Bulletin 43. Bd.	1906
„	Annual report	1905/06

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 3 — März — 1907

Es sprach in der Sitzung vom 13. Februar 1907 Herr E. R. Neumann:

Zum Problem der magnetischen Induktion in einer Kugel.

Man denke sich einen magnetisch polarisierbaren Körper gegeben, z. B. ein Stück weichen Eisens, den Inducenden, und ausserdem in seiner Nähe einen permanenten Magneten, d. h. einen Körper, in welchem die magnetische Fluida eine fest gegebne, unveränderliche Verteilung besitzen. Unter dem Einflusse dieses Magneten wird dann auch der Inducend die Eigenschaften eines Magneten annehmen, es wird in ihm eine gewisse magnetische Verteilung hervorgerufen, induciert werden. Diese Verteilung zu bestimmen — diese Aufgabe ist das Problem der magnetischen Induktion.

Die Theorie der vorliegenden Erscheinung ist von Poisson entwickelt. Die Grundannahme, auf welcher diese Theorie fusst, ist die, dass das magnetische Moment (pro Volumeinheit) an jeder Stelle der gesamten einwirkenden Kraft proportional und mit ihr gleichgerichtet ist, oder anders ausgedrückt, dass die Componenten α, β, γ dieses Momentes

proportional den Componenten X, Y, Z der wirkenden Gesamtkraft sind:

$$1) \qquad \alpha = \varkappa \cdot X, \qquad \beta = \varkappa \cdot Y, \qquad \gamma = \varkappa \cdot Z$$

Diese gesamte an einer Stelle x, y, z wirkende Kraft setzt sich nun aus zwei wesentlich verschiedenen Teilen zusammen, nämlich erstlich aus der von dem permanenten Magneten herrührenden Kraft und zweitens aus der Wirkung der im Körper selber inducierten, noch unbekannten Verteilung. Ich bezeichne das Potential der gegebnen Verteilung im permanenten Magneten, das sogenannte „inducierende Potential" mit $F(x, y, z)$ und das Potential der noch unbekannten, gesuchten Verteilung im Inducenden, das „inducierte Potential" mit $Q(x, y, z)$; dann werden wir also für (1) ausführlicher schreiben können:

$$2) \quad \alpha = -\varkappa \frac{\partial (F+Q)}{\partial x}, \quad \beta = -\varkappa \frac{\partial (F+Q)}{\partial y}, \quad \gamma = -\varkappa \frac{\partial (F+Q)}{\partial z}$$

Die Grösse $\varkappa$ ist hier eine gegebne dem Material des Inducenden, also in unserem Beispiele dem Eisen charakteristische Konstante, die sogenannte Magnetisierungsconstante. — Da ferner F als das Potential des gegebnen permanenten Magneten als eine bekannte Funktion anzusehen ist, so ist durch diese Formeln (2) die Bestimmung der die gesuchte magnetische Verteilung charakterisierenden Momente α, β, γ (und damit das ganze Problem der magnetischen Induktion) zurückgeführt auf die Bestimmung allein des inducierten Potentials Q.

Für diese Bestimmung von Q liefert nun die weitere Theorie folgende Anhaltspunkte: Es muss sich erstens Q darstellen lassen als das Potential einer auf der Körperfläche σ ausgebreiteten Massenbelegung:

$$3) \qquad Q_p = \int \frac{\eta_\sigma \, d\sigma}{E_{\sigma p}},$$

und sodann müssen zweitens die normalen Ableitungen

von Q in allen Oberflächenpunkten s der folgenden charakteristischen Bedingung genügen:

$$4)\quad \frac{\partial (F+Q)}{\partial N_s} + (1+4\pi\varkappa)\frac{\partial (F+Q)}{\partial \nu_s} = 0 \quad \left(\begin{matrix}N \text{ äussere, } \nu \text{ innere}\\ \text{Flächennormale}\end{matrix}\right)$$

Durch diese beiden Eigenschaften ist, wie sich zeigen lässt, das inducierte Potential Q eindeutig im ganzen Raume bestimmt.

Nunmehr wollen wir uns dem Spezialfalle zuwenden, dass der inducierte Körper eine Kugel ist (Radius R). — In diesem Falle ist eine Lösung des Problems vermittelst Kugelfunktionen seit langem bekannt; sie lässt sich etwa so aussprechen: Man entwickle die bekannten Werte, welche das inducierende Potential F auf der Oberfläche der Kugel besitzt, in eine nach Kugelfunktionen fortschreitende Reihe, wozu die Analysis ganz bestimmte Vorschriften liefert, und erhalte so:

$$5)\qquad F_s = \sum_{n=o}^{\infty} Y_n\,(\mu_s,\ \varphi_s), \qquad (\mu_s = \cos\vartheta_s)$$

dann hat das inducierte Potential Q z. B. in einem äusseren Punkte $(r_a,\ \vartheta_a,\ \varphi_a)$ den Wert

$$6)\quad Q_a = -\sum_{n=o}^{\infty} \frac{4\pi\varkappa n}{(2n+1)+4\pi\varkappa n}\cdot\left(\frac{R}{r_a}\right)^{n+1}\cdot Y_n\,(\mu_a,\ \varphi_a),$$

und eine ähnliche Darstellung erhält man auch für Q in inneren Punkten; dabei ist stets μ als Abkürzung für $\cos\vartheta$ gebraucht, und ϑ und φ haben die Bedeutungen von Poldistanz und geographischer Länge.

In dem einfachsten Falle, auf den wir uns auch weiterhin im Wesentlichen beschränken werden, in welchem die Induktion hervorgerufen wird durch einen einzelnen magnetischen Pol m $(r_m = \varrho,\ \vartheta_m = 0)$, lautet diese Lösung folgendermassen: Es sind die Oberflächenwerte F_s des inducierenden Potentials. d. h. jetzt der reciproken Entfernung E von diesem Pole (noch mit der Polstärke m multipliciert):

5a) $$F_s = \frac{m}{E_s} = m \sum_{n=0}^{\infty} \frac{R^n}{\varrho^{n+1}} P_n(\mu_s),$$

und daher das inducierte Potential in äusseren Punkten:

6a) $$Q_a = -m \sum_{n=0}^{\infty} \frac{4\pi \varkappa n}{(2n+1) + 4\pi \varkappa n} \cdot \frac{R^{2n+1}}{\varrho^{n+1} r_a^{n+1}} P_n(\mu_a)$$

Praktisch ist natürlich der hier gedachte Fall, in dem der permanente Magnet durch einen einzelnen Pol dargestellt wird, nicht realisierbar, da man sich einen einzelnen Magnetpol nie verschaffen kann. Gleichwohl dürfte dieser Specialfall (5a) ein besonderes Interesse deshalb beanspruchen, weil sich der Fall beliebiger inducierender Kräfte stets auf ihn zurückführen lässt, denn einmal kann man eben jeden Magneten als Aggregat einzelner Pole auffassen, andrerseits aber spielt auch die Lösung des genannten Spezialfalles beim Probleme der magnetischen Induktion eine ähnliche Rolle, wie die Green'sche Funktion bei anderen Potentialproblemen[1]. — Aber auch nicht einmal in diesem besonders einfachen Falle (5a) kann die in (6a) angegebne Lösung mittelst Kugelfunktionen recht befriedigen, da man von ihr aus schwerlich zu einer anschaulichen Interpretation des erhaltenen Resultates gelangt.

Nun gibt es aber noch eine ganz andere, weit allgemeinere Methode, das Problem der magnetischen Induktion zu lösen, die stets zum Ziele führt, welche Gestalt der inducierte Körper auch haben möge, und welcher Art auch die auf ihn wirkenden Kräfte sein mögen. Es lässt sich nämlich Q in einem beliebigen Raumpunkte p (x, y, z) stets durch folgende convergente Reihe darstellen:

7) $$Q_p = \vartheta V_p + \vartheta^2 V_p' + \vartheta^3 V_p'' + \ldots\ldots,$$

wo ϑ ein mit der Magnetisierungsconstanten $\varkappa$ zusammenhängender positiver echter Bruch ist, nämlich die Bedeutung hat:

---

1) Vgl. F. Neumann, Vorlesungen über die Theorie des Magnetismus, Leipzig bei Teubner 1881, daselbst § 42, Seite 110—112.

8) $$\vartheta = \frac{2\pi\varkappa}{1 + 2\pi\varkappa}$$

Dabei bedeuten dann ferner V, V', V'' gewisse von Belegungen der Oberfläche σ des inducierten Körpers herrührende Potentiale, zu denen man folgendermassen gelangt: Man sieht die Werte $g_s = \frac{\partial F}{\partial \nu_s}$ der normalen Ableitungen des inducierenden Potentials F (noch mit dem Faktor $\frac{1}{2\pi}$ versehen) an als den Ausdruck für Dichtigkeit einer auf σ ausgebreiteten Belegung; ihr Potential ist alsdann V, sodass also:

9) $$V_p = \frac{1}{2\pi}\int\limits_\sigma g_\sigma \frac{d\sigma}{E_{\sigma p}}, \quad \text{wo} \quad g_s = \frac{\partial F}{\partial \nu_s}$$

Die normalen Ableitungen dieses Potentials haben nun bekanntlich verschiedene Werte, je nachdem man sie auf der inneren oder äusseren Seite der Fläche σ bildet. Da bezeichnen wir nun das arithmetische Mittel zwischen den innen und aussen gebildeten Ableitungen in einem Punkte s der Fläche mit g_s'; dann ist $\frac{1}{2\pi} g_s'$ die Dichtigkeit derjenigen Belegung von σ, deren Potential das obige V' bedeutet, also folgt:

9') $$V_p' = \frac{1}{2\pi}\int\limits_\sigma g_\sigma' \frac{d\sigma}{E_{\sigma p}}, \quad \text{wo} \quad g_s' = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial V}{\partial \nu}\right)_{is} + \left(\frac{\partial V}{\partial \nu}\right)_{as}\right]$$

Ganz entsprechend denken wir uns nun von V' ausgehend ein weiteres Potential V'' gebildet:

9'') $$V_p'' = \frac{1}{2\pi}\int\limits_\sigma g_\sigma'' \frac{d\sigma}{E_{\sigma p}}, \quad \text{wo} \quad g_s'' = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial V'}{\partial \nu}\right)_{is} + \left(\frac{\partial V'}{\partial \nu}\right)_{as}\right]$$

u. s. w. f.

Nach diesem Verfahren kann man sich soviele der V's berechnen, als man wünscht, und damit Q nach (7) mit jeder beliebigen Genauigkeit bestimmen.

Diese Methode, welche also stets bei beliebig geformtem Inducenden und beliebigen inducierenden Kräften die Lösung des Problemes liefert, ist nun freilich — wie meist sehr allgemeine Lösungen — zur Anwendung auf specielle Fälle wenig geeignet, weil die Potentiale V, V', V'' u. s. w. zu complicierte Bildungsgesetze befolgen — zum Mindesten aber erfordert die Anwendung der allgemeinen Lösung (7) auf jeden speciellen Fall ein besonderes Studium. — Im Falle der von einem einzelnen Pole inducierten Kugel, also in unserem obigen Falle (5a), ist es mir nun gelungen, aus jener allgemeinen Lösung ein sehr einfaches übersichtliches Resultat abzuleiten. Untersuchungen, die ich zu einem anderen Zwecke anstellte, und die ich bei anderer Gelegenheit zu veröffentlichen beabsichtige, führten mich auf die gerade zur Lösung des genannten Problems notwendigen Potentiale V, V', V'' u. s. w., und es gelang mir sie darzustellen als Potentiale gewisser linearer Massen, nämlich im Aussenraume von Belegungen derjenigen Linie, welche das Centrum c mit dem zum Pole m (nach dem Gesetz der reciproken Radien) conjugierten Punkte m' verbindet. Es ergab sich nämlich allgemein für $V^{(n)}$ (wenn $n \geqq 1$ ist) folgende Darstellung:

$$10)\quad V_a^{(n)} = \frac{m}{2\sqrt{\varrho}} \int_0^{\varrho'} \frac{1}{\sqrt{\xi}} \left\{ \frac{1}{n!} \left(log \sqrt{\frac{\varrho'}{\xi}} \right)^n - \frac{1}{(n-1)!} \left(log \sqrt{\frac{\varrho'}{\xi}} \right)^{n-1} \right\} \frac{d\xi}{E_{\xi a}}$$

und unter Benutzung derselben lässt sich dann die Reihe (7) für Q summieren. So gelangt man zu der Formel:

$$11a)\quad Q_a = \frac{\left(-\vartheta \frac{R}{\varrho} m \right)}{\mathsf{E}_a'} + m \cdot \frac{\vartheta(1-\vartheta)}{2R} \int_0^{\varrho'} \left(\frac{\varrho'}{\xi} \right)^{\frac{1+\vartheta}{2}} \cdot \frac{d\xi}{E_{\xi\alpha}} \quad \left(\varrho' = \frac{R^2}{\varrho} \right)$$

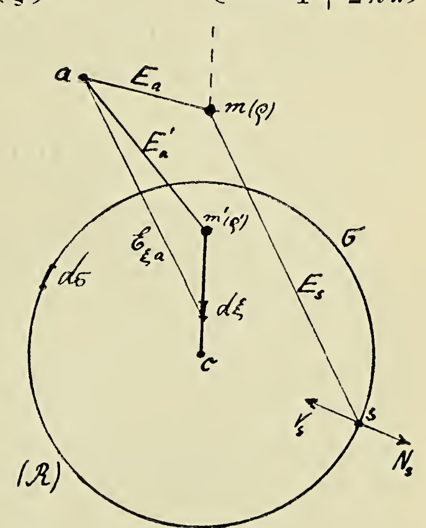
und damit zu folgendem, unserem Hauptresultate: *Es wirke auf eine homogene magnetisch polarisierbare Kugel (Radius R) ein Pol m im Centralabstande ϱ $\left(\text{inducierendes Potential } F = \frac{m}{\mathsf{E}}\right)$. Alsdann kann man das Potential Q der in der*

Kugel inducierten magnetischen Verteilung im ganzen Aussenraume als herrührend betrachten erstlich von einem magnetischen Massenpunkte

12) $$m' = -\vartheta \cdot \frac{R}{\varrho} \cdot m,$$

der sich in dem zum inducierenden Pole m *conjugierten Punkte* $\left(\text{also im Centralabstande } \varrho' = \frac{R^2}{\varrho}\right)$ *befindet, und zweitens von einer auf der Linie* $\overline{cm'}$ *ausgebreiteten Masse, deren lineare Dichtigkeit* λ *im Centralabstande* ξ *den Wert hat:*

13) $$\lambda(\xi) = m \cdot \frac{\vartheta(1-\vartheta)}{2R}\left(\frac{\varrho'}{\xi}\right)^{\frac{1+\vartheta}{2}} \qquad \left(\vartheta = \frac{2\pi\varkappa}{1+2\pi\varkappa}\right)$$



Nach bekannten Principien kann man dann (da sich ja Q nach (3) als Potential einer Kugelflächenbelegung auffassen lassen sollte) die Werte von Q in *inneren* Punkten i darstellen als *Potential von Massen,* die in dem zu m' conjugierten Punkte und auf der zu $\overline{cm'}$ conjugierten Linie verteilt sind, d. h. also *im Punkte* m *und auf der von* m *aus radial ins Unendliche laufenden (punktiert gezeichneten) Geraden.*

Es folgt so:

11i) $$Q_i = \frac{(-\vartheta m)}{E_i} + m \cdot \frac{\vartheta(1-\vartheta)}{2\varrho}\int\limits_{\varrho}^{\infty}\left(\frac{\varrho}{\xi}\right)^{\frac{1-\vartheta}{2}} \cdot \frac{d\xi}{E_{\xi i}}$$

Die magnetischen Momente α, β, γ (pro Volumeinheit) liefern dann für jeden Punkt x, y, z innerhalb der Kugel

die Formel (2), womit das Problem der magnetischen Induktion als gelöst zu betrachten ist.

Dass das so durch die Formeln (11a) und (11i) für Punkte ausserhalb und innerhalb der Kugel bestimmte Potential Q tatsächlich der Bedingung (4) genügt, lässt sich nachträglich unschwer (vermittelst partieller Integration) beweisen. — Hier mögen an die angegebene Lösung des Problems nur noch einige kurze Bemerkungen geknüpft werden:

Wir haben oben das inducierte Potential Q im ganzen Aussenraume anzusehn gelernt als herrührend von einer gewissen fingierten Verteilung magnetischen Fluidums in einem Punkte und auf einer Linie. In bester Uebereinstimmung mit der allgemeinen Theorie ergiebt sich, dass die Gesamtmasse dieser Verteilung den Wert 0 hat:

$$m' + \int_0^{\varrho'} \lambda(\xi)\, d\xi = 0$$

Sodann ist bekannt, dass man die Wirkung jedes symmetrisch zu einer Axe, magnetisierten Körpers, wenigstens in einiger Entfernung mit grosser Annäherung als herrührend ansehn kann von zwei mit entgegengesetzten Mengen magnetischen Fluidums behafteten Punkten. Man denkt sich diese Punkte und die darin angehäuften magnetischen Fluida so bestimmt, dass die erzielte Annäherung eine möglichst gute wird — nämlich der Fehler erst von der vierten Ordnung in dem Quotienten $\frac{\text{Körperdimensionen}}{\text{Entfernung vom Körper}}$ — und nennt diese Punkte dann bekanntlich kurz die „Pole" und die absolute in jedem von ihnen enthaltene Menge Fluidums die „Polstärke" des magnetischen Körpers. Bezeichnen wir nun die Abscissen dieser so definierten Pole (gerechnet vom Kugelcentrum positiv nach m hin) mit $a + l$ und $a - l$, und die Polstärke mit M, so ergeben sich zur Bestimmung von a, l und M die folgenden Gleichungen:

$$
14)\begin{cases}
m'\varrho' + \int\limits_0^{\varrho'} \lambda(\xi)\cdot\xi\, d\xi = M\left[(a-l)-(a+l)\right] \\
m'\varrho'^2 + \int\limits_0^{\varrho'} \lambda(\xi)\cdot\xi^2\, d\xi = M\left[(a-l)^2-(a+l)^2\right] \\
m'\varrho'^3 + \int\limits_0^{\varrho'} \lambda(\xi)\cdot\xi^3\, d\xi = M\left[(a-l)^3-(a+l)^3\right]
\end{cases}
$$

Nun lassen sich mit Rücksicht auf die Ausdrücke (12) und (13) für m' und $\lambda(\xi)$ die linken Seiten dieser Gleichungen leicht berechnen, und zwar ergeben sich für sie die Werte:

$$
-m\,\frac{2\,\vartheta}{3-\vartheta}\cdot\frac{\varrho'^2}{R},\qquad -m\,\frac{4\,\vartheta}{5-\vartheta}\cdot\frac{\varrho'^3}{R},\qquad -m\,\frac{6\,\vartheta}{7-\vartheta}\cdot\frac{\varrho'^4}{R},
$$

wir können also jene Gleichungen (14) leicht auflösen und gelangen so zu folgendem Resultate: *Die fingierten Pole der magnetisierten Kugel haben die Centralabstände $a-l$ und $a+l$, wo a und l folgende Werte haben:*

$$
a = \frac{3-\vartheta}{5-\vartheta}\cdot\varrho' = \left(1+\frac{1}{5+8\pi\varkappa}\right)\cdot\frac{\varrho'}{2}
$$

$$
l = \sqrt{\frac{3(3-\vartheta)}{7-\vartheta}}\cdot\frac{2\,\varrho'}{5-\vartheta},
$$

und zwar liegen sie, wie eine leichte Untersuchung lehrt, beide auf dem Radius nach dem inducierenden Pole m, der eine nahe beim Centrum, der andere nahe bei dem Punkte m', beide von diesen Punkten aus verschoben in der Richtung nach m zu. — *Ferner ist die „Polstärke“ der Kugel*

$$
M = \sqrt{\frac{7-\vartheta}{3(3-\vartheta)}}\cdot\frac{5-\vartheta}{3-\vartheta}\cdot\frac{\vartheta}{2}\cdot\frac{R}{\varrho}\cdot m,
$$

und ihr Gesamtmoment

$$
\mathbf{M} = 2\,M\,l = \frac{2\,\vartheta}{3-\vartheta}\cdot\frac{R^3}{\varrho^2}\,m = \frac{4\pi\varkappa}{3+4\pi\varkappa}\cdot\frac{R^3}{\varrho^2}\cdot m
$$

Diese Resultate lassen sich mit Hilfe der Theorie der Kugelfunktionen auch aus der in (6a) angegebnen Lösung desselben Problems herleiten, doch ist die Ableitung aus unserer obigen in den Formeln (11), (12) und (13) enthaltenen Lösung ungleich einfacher, sie erfordert nur die Ausführung der einfachen Integrationen in (14).

Sodann sei hier noch darauf hingewiesen, dass unsere Lösung des magnetischen Problems für eine Kugel ein bekanntes Resultat der Elektrostatik als Grenzfall abzuleiten gestattet. Um darauf näher einzugehn, müssen wir uns dann freilich die Kugel nicht aus magnetisch, sondern aus elektrisch polarisierbarem Material denken (d. h. als Dielektrikum) und anstatt des inducierenden magnetischen Poles einen elektrischen Pol einwirkend annehmen. Was wir oben über die inducierte magnetische Verteilung sagten, gilt dann Alles unverändert auch von der unter solchen Umständen eintretenden elektrischen Verteilung, nur bedeutet $\varkappa$ jetzt natürlich anstatt der „Magnetisierungsconstanten“ die „Elektrisierungsconstante“, die mit der bekannteren Dielektricitätsconstanten D derart zusammenhängt, dass

$$D = 1 + 4\pi\varkappa$$

ist. — Auf Grund dieser Überlegungen können wir ohne Weiteres den Satz aussprechen: *Das Potential der von einem äusseren elektrischen Massenpunkte m in einem kugelförmigen Dielektrikum hervorgerufenen Polarisation kann man im ganzen äusseren Raume als herrührend ansehn von einem elektrischen Massenpunkte m' und von einer linearen elektrischen Massenverteilung auf der Verbindungslinie* $\overline{cm'}$ *dieses Punktes mit dem Kugelcentrum.*

Wenn wir nun die Dielektricitätsconstante D (oder auch $\varkappa$) grösser und grösser werden lassen, so nähert sich die Lösung des Problems der dielektrischen Polarisation immer mehr der des Problems der elektrostatischen Induktion

in einem vollkommenen Leiter der Elektricität[1]), gleichzeitig wird die Grösse $\vartheta = \frac{2\pi\varkappa}{1+2\pi\varkappa}$ sich immer mehr und mehr dem Werte 1 nähern, und daher nach Formel (13) wegen des Faktors $(1 - \vartheta)$ die Dichtigkeit λ der linearen Massenverteilung auf $\overline{cm'}$ immer mehr der 0 — ausser im Centrum c selber, weil hier auch der Nenner 0 ist. Es zieht sich also mit wachsender Dielektricitätsconstanten die lineare Massenverteilung immer mehr und mehr auf das Kugelcentrum c zurück, und wenn wir daher zur Grenze $D = \infty$ übergehn, d. h. nach Obigem zum Falle eines vollkommenen Leiters der Elektricität, eines Metalles, so erhalten wir danach das Resultat: Das Potential der von einem äusseren elektrischen Massenpunkte in einer Metallkugel inducierten Verteilung kann man im ganzen Aussenraume ansehn als herrührend von zwei elektrischen Massenpunkten, deren einer sich in dem zu m conjugierten Punkte m', der zweite im Kugelcentrum befindet. — Das ist ein bekannter Satz der Elektrostatik, als dessen Verallgemeinerung sich hiernach also unser obiges Resultat über die dielektrische Polarisation, oder was eben dasselbe, über die magnetische Induktion einer Kugel darstellt. —

Nicht unerwähnt möchte ich zum Schlusse lassen, dass sich in einer mir nachträglich bekannt gewordenen Arbeit von Somigliana eine sehr elegante Lösung des Problems der magnetischen Induktion in einer Kugel sogar für den Fall beliebiger inducierender Kräfte findet[2]), und dass Boggio für diese Lösung von Somigliana kürzlich einen bemerkenswert kurzen Beweis angegeben hat[3]). Aus dieser Lösung

1) Vgl. Helmholtz, Vorlesungeu über theoretische Physik Bd. IV 1907, Seite 272—273.

2) Somigliana: *Intorno ad un problema d'induzione magnetica* Rendiconti del R. Istituto Lombardo, serie II, vol XXXVI (1903) pag. 1114.

3) Boggio: *Nouvelle résolution du problème de l'induction magnétique pour une sphère isotrope.* Comptes rendus de l'Académie des sciences, Paris, tome 142 (1906) pag. 701.

lässt sich unser obiges Hauptresultat leicht herleiten, wenn es auch nicht einfach als Spezialfall in ihm enthalten ist. — In den Arbeiten der genannten Autoren ist aber nirgends die Rede von der Ersetzbarkeit des inducierten Potentiales Q durch das Potential eines materiellen Punktes und einer materiellen Linie, und gerade dieses Resultat schien mir wegen seiner grossen Anschaulichkeit einer besonderen Mitteilung wohl wert zu sein.

In der ordentlichen Sitzung vom 13. März sprach Herr Bonhoff:

Über Blut-, Nieren- und Harnbefunde bei Lapine.

M. H.!

Ihre Aufmerksamkeit werde ich nur kurze Zeit in Anspruch nehmen. Im ärztlichen Verein habe ich kürzlich über Befunde von Spirochaeten berichtet und die letzteren demonstriert, welche in Kulturen aus Lapine-Material erhalten waren. Bei dieser Gelegenheit habe ich mich dahin wiederholt ausgesprochen, dass ich diese Gebilde als mit dem ätiologischen Agens der Lapine und der Vaccine zusammengehörig ansehe, dass ich glaube, ein Entwickelungsstadium des Vaccine-Erregers in ihnen erkennen zu dürfen, das allerdings wohl nur unter bestimmten Bedingungen auftritt und jedenfalls neben den übrigen Stadien selten beobachtet wird. Diese anderen Entwickelungsstadien scheinen nun allerdings weit mannigfaltiger und komplizierter zu sein, als selbst ich in meiner ersten Mitteilung „über Spirochaeten bei Vaccine“, in welcher ich ausser den Schraubenformen dreieckige Körperchen, lange Fäden mit und ohne Windungen, häufig am einen Ende knopfförmig verdickte Fäden, Kommaformen u. a. er-

wähnte, annehmen zu dürfen glaubte. Der Zweck meiner heutigen Demonstration ist, Ihnen einige dieser komplizierten und mannigfaltigen Gebilde aus dem Blute, dem Harn und den Nieren von mit Lapine geimpften Kaninchen vorzuführen.

Wenn man das Blut von mit Lapine percutan geimpften weissen Kaninchen, von denen übrigens eine ziemlich hohe Zahl an der Infektion eingeht, täglich im Kochsalztropfen und im nach Giemsa gefärbten Präparat untersucht, so sieht man vom 2. bis 18. Krankheitstage, vielleicht noch länger, bestimmte Gebilde, die wohl am zahlreichsten zwischen dem 4. und 8. Tage nach der Impfung vorhanden sind. Diese Gebilde sind allerdings sehr verschiedenartig gestaltet. Fast immer habe ich lebhaft bewegliche, meist runde, scharf begrenzte Gebilde gefunden, deren zweifellos vorhandene Eigenbewegung sehr wenig fördernd ist, da sie zwar die in ihrer Nähe liegenden roten Blutkörperchen fortwährend umkreisen, ohne aber grössere Strecken zurückzulegen. Wenn man nach Stunden ein in die Mitte des Gesichtsfeldes eingestellt gewesenes Körperchen wieder aufsucht, findet man es vielleicht noch am Rande desselben Gesichtsfeldes, oder nur wenig über das Gesichtsfeld hinausgedrungen. Grösse recht wechselnd, meist aber zwischen $^1/_4$ und $^1/_2$ rotes Blutk. schwankend. Farbe wie bei Poikilocyten. Diese runden Formen haben meist einen verschieden langen, nach dem Ende sich allmälig verjüngenden Fortsatz, der ziemlich starr ist und nicht zur Bewegung zu dienen scheint, jedenfalls nicht den Eindruck einer Geissel macht. Das Ende ist oft ganz spitz zulaufend, häufig aber auch mit einer kleinen knopfförmigen Verdickung versehen. Die Länge dieses Fortsatzes beträgt wohl nie mehr als das dreifache des Durchmessers des beweglichen Körperchens. Neben diesen mit einem Fortsatz versehenen Formen kommen recht zahlreich solche Körperchen vor, die mit zwei, an sich gegenüberliegenden Stellen des rundeu Gebildes entspringenden Fortsätzen versehen sind. Dieselben sind meist etwas grösser

als die zuerst beschriebenen, die Fortsätze oder wenigstens einer derselben haben recht oft an einer Stelle eine scharfe Knickung, so dass das spitz zulaufende Ende im rechten Winkel von dem Fortsatz abbiegt. Unter diesen lebhaft beweglichen scharf begrenzten runden Körpern finden sich zuweilen auch solche, die aus zwei neben einander liegenden runden Formen bestehen, von denen jede einen Fortsatz (nach entgegengesetzten Richtungen laufend) besitzt. Im lebenden Präparat sind, wie Sie dort an dem ersten Mikroskop sehen, diese Gebilde keinesfalls mit Haematoblasten zu verwechseln, was ich besonders hervorhebe. Viel eher könnte man sie, besonders wegen ihrer Farbe, für Poikilocyten oder Teile von roten Blutkörperchen halten, wenn sie auch vielleicht etwas mehr grünlich erscheinen. Die Anzahl dieser runden scharf begrenzten Formen ist scheinbar wesentlichen Schwankungen nicht unterworfen, man findet sie vom 2. bis 18. Tage nach der Impfung in annähernd gleicher Zahl, auch ohne irgend welche Metamorphosen; etwa derart, dass in jedem zweiten Gesichtsfeld eines oder mehrere zu finden sind. Besonders wegen ihrer Unveränderlichkeit, wegen des Fehlens jeglicher Weiterentwickelung würde ich diese Dinge für Poikilocyten, bezw. sonstige Abkömmlinge von roten Blutkörperchen halten, zumal ich sie auch im Blute weisser Kaninchen, die mit Masern- bezw. Scharlachmaterial geimpft waren, gefunden haben. Aber abgesehen davon, dass normales Kaninchenblut sie bisher stets hat vermissen lassen, färben sich diese Formen, wie Ihnen das zweite Mikroskop demonstrirt, ganz zweifellos in toto stark chromatinrot, wobei auffallend ist, dass die Fortsätze im gefärbten Präparat viel dünner als im hängenden Tropfen erscheinen. Die Form ist auch im gefärbten Präparat so typisch, dass ich einen Zweifel daran, dass diese gefärbten Dinge das Gleiche darstellen, wie die lebhaft beweglichen Körper im hängenden Tropfen, für unberechtigt halte. Poikilocyten, die sich nach Giemsa intensiv chromatinrot färben — das ist wohl ein Unding. Viel eher könnte man diese

runden Formen im gefärbten Präparat mit Haematoblasten verwechseln, wenn nicht die Gleichmässigkeit und Geschlossenheit der intensiven Färbung, der Mangel der unregelmässigen Umrandung und der zahlreicheren feinen Fortsätze, wie sie bei den Blutplättchen sich finden, diese Identität zum Mindesten sehr unwahrscheinlich machte.

Weniger regelmässig als diese im Ganzen runden Formen mit Fortsätzen finden sich, meist wohl auch erst später, etwa vom 3. oder 4. Tage nach der Impfung auftretend und wohl auch früher als die runden verschwindend, lange, deutlich einmal spiralig gekrümmte Fäden, die zuweilen geringe Verdickungen an einer oder mehreren Stellen zeigen. Grösse sehr wechselnd, von etwa $1^1/_2$ Blutkörperchen Durchmesser bis zum $2^1/_2$fachen. Breite ebenfalls schwankend, aber wohl nie unter ca. 1 μ gehend, häufig reichlich 2 μ betragend. In Bezug auf Beweglichkeit und Farbe dieser Gebilde, ferner in Bezug auf Gestaltung der Enden, auch bezüglich ihrer relativen Starrheit gilt alles oben über die runden Formen Gesagte. Auch diese Formen habe ich im Blute weisser, mit Masern- oder Scharlach-Material geimpfter Kaninchen, niemals aber in dem Blute der gleichen, nicht geimpften Thiere gefunden. Mikroskop 3 zeigt Ihnen eine solche bewegliche, deutlich S-Form zeigende Gestalt zwischen roten Blutkörperchen. Da Ihnen bekannt ist, wie häufig rote Blutkörperchen Fortsätze abschnüren, werden Sie sofort geneigt sein, wie ich es zuerst war und noch heute immer bin, wenn ich diese Gebilde im hängenden Tropfen sehe, sie für solche abgeschnürte R. Bl. K.-Fortsätze zu halten. Auch davor indess dürfte das gefärbte Präparat warnen. Allerdings muss ich zunächst mitteilen, dass es mir sehr häufig nicht gelungen ist, im gefärbten Präparat überhaupt solche längliche Fäden zu finden, wenn sie im hängenden Tropfen vom gleichen Tage zweifellos nicht allzu selten vorhanden waren. Es müsste denn sein, dass diese Fäden im Alkohol so stark schrumpfen, dass sie durch sehr feine, mehr wie

Niederschläge des Azurs aussehende Fädchen, die sich in solchen Präparaten finden, repräsentirt werden. Jedenfalls aber sind in solchen Präparaten auch keine gelblich oder eosinroth gefärbten gleichgestalteten Gebilde vorhanden, wie man doch annehmen müsste, wenn es sich hier um Abkömmlinge roter Blutkörperchen handelte. — In manchen Präparaten nun findet man aber auch gefärbte längliche, schwachspiralig gekrümmte Formen, wie Ihnen dort die Mikroskope 4 und 5 zeigen. Dieselben haben bis auf die grössere Breite eine zweifellose Ähnlichkeit mit dem, was man bei einem Zahnschleimpräparat als fusiforme Bazillen bezeichnen würde; vor Allem auch in den beiden hier demonstrierten Formen wegen ihrer scharf zugespitzten Enden. Der Unterschied zwischen den beiden Objekten besteht darin, dass das unter dem 4. Mikroskop befindliche sich in toto chromatinroth gefärbt hat, während das 5. Präparat ein deutlich S-förmiges, etwa 6 μ langes, 1 μ breites Gebilde mit scharf zugespitzten Enden zeigt, das wie die roten Bl. K. gelb gefärbt ist und nur an einer Stelle drei etwa gleich grosse, deutlich voneinander getrennte rundliche Chromatinkörner, die ganz sicher innerhalb dieses S liegen, zeigt. — Zu diesen langen, häufig spiralig gekrümmten Fäden mit Verdickungen rechne ich auch Formen, die eine deutliche Gabelung zeigen. Ich denke mir, dass dabei aus der Verdickung eine Sprossung von Plasma nach einer bestimmten Richtung stattgefunden hat, wodurch diese höchst charakteristischen Figuren zu Stande kommen.

Noch eine dritte Art von Körpern habe ich im Blute gesehen. Es handelt sich dabei um scharf kreisrunde, sehr zarte, nur bei besonderer Aufmerksamkeit im hängenden Tropfen neben den Blutkörperchen erkennbare Gebilde von der Grösse eines halben bis $^3/_4$ r. Bl. K. Dieselben erscheinen fast wie leere Bläschen, haben aber an einer Stelle der Peripherie etwas schwach granulierten Inhalt, von sehr geringem Lichtbrechungsvermögen, entweder in einem kompakten

Haufen angeordnet oder in mehrere kleinere, scheinbar nicht miteinander zusammenhängende Häufchen zerteilt. Im lebenden Präparat haben diese Körper die grösste Ähnlichkeit mit Blutkörperchen-Schatten. Doch spricht der Umstand, dass sie im ganz frisch angefertigten Präparat sich finden, ferner auch ihre Beschaffenheit gegen diese Auffassung. Ihr Rand ist durch eine weit schärfer sich abhebende Linie ausgezeichnet, als Schatten von r. Bl. K. sie zeigen und dann spricht doch eben auch der granulierte schwach lichtbrechende Inhalt gegen hämoglobinfreies Discoplasma. Im nach Giemsa gefärbten Präparat sind diese runden Bläschen weit leichter zu erkennen. Sie färben sich in toto wie rote Blutkörperchen gelb bis schwachrötlich; sie haben im Innern, meist in der Nähe der Peripherie liegend, scheinbar nicht untereinander zusammenhängende rote Körnchen in verschieden grosser Zahl, zuweilen 4 oder 6, zuweilen auch eine grössere, dichtere, zusammenhängende Masse. Unter dem 6. Mikroskop sehen Sie ein Präparat, das Ihnen diese dritte Art von Gebilden im gefärbten Zustande zeigt. Auch hier ist eine Ähnlichkeit mit Blutplättchen bis zu einem gewissen Grade vorhanden. Doch scheint mir, dass die scharfe kreisrunde Begrenzung, die Gelbfärbung und die Grösse dieser Formen gegen ihre Identifizirung mit Haematoblasten spricht, die doch immer viel kleiner sind, keine scharf kreisrunde Begrenzung haben und meist auch zwischen dem Chromatinroth eine blaue Farbennüance erkennen lassen. Sehr wichtig in Bezug auf die Bewertung dieser dritten Art von Körpern erscheint mir der Befund von Teilungsformen, wie ich eine im 7. Präparat Ihnen eingestellt habe. Sie sehen ein längliches, an den beiden Enden verdicktes, sanduhrförmiges Gebilde, dessen mittlerer Theil zu einem etwa 3 μ langen Faden ausgezogen ist; die etwa eiförmigen Enden enthalten in ihrem gelben Plasma je drei rote Chromatinkörner, an der Peripherie gelegen, der Mittelfaden ist rein gelb. Die eiförmigen Enden sind zusammen etwa so gross, wie die grösseren, im 6. Prä-

parat demonstrierten Körperchen. Ich betone, dass ich solche „Teilungsformen“ mehrfach in verschiedenen Präparaten gefunden habe. Das Negativ einer kleineren solchen Doppelform erlaube ich mir, Ihnen hier herumzureichen.

Im Vorhergehenden habe ich im Einzelnen darauf hingewiesen, wie störend bei diesen Blutbefunden im lebenden, wie im gefärbten Präparat die Ähnlichkeit der scheinbar neuen Formen mit unveränderten oder veränderten Blutbestandteilen irgend welcher Art, r. Bl. K. und deren Abkömmlingen oder Haematoblasten, gewesen ist. Dass kleine Plasmaklümpchen, besonders wenn sie ohne irgend welche Besonderheit, wie Pigment oder dergl., erscheinen, nur äusserst schwer von irgend welchen normalen Blutbestandteilen unterschieden werden können, ist verschiedentlich, so z. B. bei Gelegenheit der Feststellung der Malariaätiologie, hervorgehoben worden. Ich habe daher nach einem Material aus dem an Lapine erkrankten Thierkörper gesucht, bei welchem diese Verwechselungen weniger häufig oder ganz ausgeschlossen wären. Zugleich musste das Material vermutlich den Krankheitserreger enthalten. Ich bin zunächst auf den Harn verfallen als aus dem Blute ausgesondertes Material und als ein Exkret, das wie bei vielen anderen Infektionskrankheiten, so auch bei der Variola und Vaccine sicher den Erreger in irgend einer Form an die Aussenwelt abgibt. Denn, dass nur durch die Hautabschilferung bei den akuten Exanthemen eine Verbreitung des Erregers stattfände, hat mir niemals in den Sinn gewollt. Auch bei den Masern also und vor Allem beim Scharlach halte ich den Harn für einen Träger des Contagimus. Es wird sich Gelegenheit finden, hierauf zurückzukommen. Ich habe dann die harnbildenden und harnsecernirenden Organe um so eher mit untersucht, als die grossen Epithelzellen, die diese Wege auskleiden, vielleicht einen ausgezeichneten Nährboden für den Vaccine-Erreger darstellen konnten. Bei dem positiven Ausfall dieser Untersuchungen erschien es angezeigt, überhaupt kein Organ des

Lapine-Kaninchens ununtersucht zu lassen. Von den in letzterer Richtung erhaltenen Resultaten sehe ich vorläufig ab und beschränke mich auf Schilderung der Nieren- und Harnbefunde.

Zu solchen Untersuchungen ist natürlich am besten geeignet ein Material, das frei ist von irgend welchen pflanzlichen Organismen. Ich berichte im Folgenden über die Befunde von drei weissen, mit Vaccine percutan geimpften Kaninchen, bei denen sich der ganze Körper als völlig bakterienfrei erwies, mit Ausnahme wahrscheinlich des Darmkanals, der nicht daraufhin untersucht wurde. Von jedem der drei Thiere wurden mehrere Ausstriche mit sehr viel Material auf Agar gemacht und zwar aus Herzblut, den verschiedenen Leberlappen, Milz, beiden Nieren, Pankreas, Lungen und Knochenmark, endlich aus den verschiedenen Teilen des Blaseninhalts, die mit steriler Spritze allmälig von der Blasenhöhe her entleert wurden. Die Agarröhrchen blieben 72 Stunden, z. T. noch länger im Brutschrank und erwiesen sich sämtlich als völlig steril. Von diesen Thieren ist eines am 4. Tage, eines am 8., eines am 11. Tage nach der Impfung und zwar doch wohl an der Vaccine-Infection, zu Grunde gegangen. Veränderungen an den Organen liessen sich, mit Ausnahme einer hochgradigen Blutarmut und Trübung des Nierengewebes, nicht nachweisen. Zu der Folgerung, dass diese Thiere an der Vaccine-Infection eingegangen sind, halte ich mich auch desshalb für berechtigt, weil mir fortwährend nach dieser Infection weisse Kaninchen zu den verschiedensten Zeiten nach der Impfung eingehen, ohne dass ich im Stande wäre, eine andere Todesursache aufzufinden.

Nun zu meinen Befunden, die ich an der Hand der hier aufgestellten Präparate kurz bespreche. Die drei nächsten Objekte stammen von dem am 4. Tage nach der Impfung eingegangenen Kaninchen. Unter dem 8. Mikroskop ist ein Nierenausstrich, unter dem 9. ein Nierenschnitt dieses Thieres, nach Giemsa gefärbt. Im Ausstrich sehen Sie neben einigen

roten und weissen Blutkörperchen an dem eingestellten Teil des Präparates reichlich kleine rot gefärbte Gebilde; nicht ganz rund, zuweilen deutliche Ecken zeigend, in der Grösse etwa gewöhnlichen Luftkokken entsprechend; doch auch viele kleinere Formen. Wahrscheinlich dieselben Dinge, wenn auch blau gefärbt, sehen Sie unter Mikroskop 9 in den Epithelzellen der Harnkanälchen, und zwar in kleinen Haufen im Plasma neben dem Kern liegen; an zwei verschiedenen Stellen des Gesichtsfeldes sind solche Häufchen zu erkennen. Die Form dieser Epithelschmarotzer ist genau die gleiche, wie im Ausstrich; dass sie blau gefärbt sind, kann an der Behandlung des Organs (Fixierung in Alkohol-Eisessig) gelegen sein. Die Niere selbst ist noch fast unverändert. Speziell hat ein deutlicher Zerfall der Epithelien der Harnkanälchen noch nicht stattgefunden. — Das Mikroskop 10 zeigt Ihnen ein gefärbtes Präparat von dem Blaseninhalt des gleichen Tieres. Auffallend ist zunächst die Unmasse der Blasenepithelien verschiedener Grösse. Aber auch Lymphocyten sind reichlich vorhanden. Zwischen diesen Zellen, von denen die Epithelzellen zum Teil neben dem Kern Fremdkörper zeigen, die von Guarnierischen Körperchen der Hornhautepithelien überhaupt nicht zu unterscheiden sind, finden sich zweierlei Gebilde: einmal chromatinrote, ziemlich dünne, im Ganzen rundliche Formen, meist kleiner als rote Blutkörperchen, nicht sehr zahlreich; zweitens dunkelblaue rundliche, sehr verschieden grosse Körperchen, zum Teil wie grosse Kokken, zum Teil von der Grösse roter Blutkörperchen und etwas darüber. Die meisten der letzteren sind durch einen runden helleren Fleck ausgezeichnet. Von diesen ist eine beträchtliche Zahl, meist freiliegend, vorhanden. Einzelne derselben aber liegen ganz sicher, in Ein- oder Mehrzahl, in den Epithelien, nicht immer in unmittelbarer Nähe des Kernes.

Die nächsten drei Mikroskope sollen ein Bild der gleichen Verhältnisse, wie eben beschrieben, bei dem am achten Tage

nach der Impfung gestorbenen Tiere geben. Mikroskop 11 zeigt einen Nierenausstrich, Mikroskop 12 einen Nierenschnitt an diesem Tiere, beide nach Giemsa gefärbt. In dem Ausstrich finden sich an der hier eingestellten Gegend des Präparates neben roten Blutkörperchen hellrosa gefärbte runde Körper von der Grösse der Erythrocyten, auch etwas unter und über dieser Grösse, die eine nach ihrem Umfang verschiedene Anzahl blauer Körner von etwa Kokkengrösse, aber unregelmässigerer Gestalt, in ihrem Inneren beherbergen; die kleinen vier oder sechs, die grösseren bis zehn und selten darüber. Genau die gleichen Körper sind, wie Sie sehen, nur noch zahlreicher, in den Harnkanälchen dieses Nierenschnittes vorhanden, allerdings hier nur zum Teil so gut erhalten, wie in dem Ausstrich. Eine Anzahl der in den Harnkanälchen liegenden Körper hat die scharfen Konturen verloren, zum Teil sind sie ganz zerfallen, so dass nur die Haufen der zusammenliegenden blauen Körner das Lumen der Kanälchen ausfüllen. Es ist natürlich auch möglich, dass dieser Zerfall etwas Zweckentsprechendes, von der Natur Gewolltes ist, dass die blauen Körner also frei werden müssen, um ihre eventuelle weitere Entwickelung durchzumachen. — Dass es sich bei diesen Gebilden nicht um degenerierte Kerne der Harnkanälchen - Epithelien handelt, ist wohl einleuchtend. Allerdings sind zu dieser Zeit bereits sehr starke Veränderungen an diesen Epithelien erkennbar, ein Teil ist schon ganz ausgefallen, bei anderen sind die freien Ränder ausgefranzt und zum Teil abgebröckelt, auch haben manche Kerne den Farbstoff sehr schlecht angenommen, sie sind entschieden in ziemlicher Zahl in Degeneration begriffen. Aber eben diese degenerierten Kerne unterscheiden sich ohne Weiteres von den mit blauen Körnern versehenen rosagefärbten Körpern, die gar nicht den Eindruck der Degeneration machen. — Im Harnpräparat dieses Tieres sind kaum Zellen, die dem Körper des Tieres entstammen, vorhanden, weder Blasenepithelien, noch Lymphocyten. Auch von den

in den Nieren sich findenden Gebilden, die ich eben beschrieben habe, ist in dem Harne nichts vorhanden. Dagegen finden sich im ungefärbten Präparat eine grosse Anzahl stark lichtbrechender, in Haufen liegender blasen- oder kapselartiger, recht verschieden grosser, meist annähernd runder Körper, die vermutlich eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen alle möglichen Eingriffe, Austrocknung etc. besitzen; ihr Aussehen erinnert an Sporen oder Protozoen-Cysten, nur dass sie infolge ihrer wechselnden Grösse so unregelmässig erscheinen. Neben diesen kapselartigen Formen, an deren Inhalt sich nichts differenzieren lässt, finden sich spärlicher, aber immer noch reichlich genug, runde flache Protoplasmaklumpen, blass, ohne irgend welche Besonderheiten, von ca. 3 μ bis 8 μ Durchmesser. Dieselben nehmen bei Giemsa-Färbung bald rote, bald mehr violette, bald rein blaue Farbe an, d. h. alle drei Farben finden sich an ihnen im selben Präparat. Die oben beschriebenen Kapseln nehmen Farbstoff nur am Rande auf und erscheinen als sporenähnlich auch im gefärbten Präparat

Es bleibt mir übrig, mit zwei Worten auf das am elften Tage nach der Impfung eingegangene Kaninchen einzugehen. In den Nieren sind keine Fremdkörper mehr, dagegen findet sich eine so hochgradige Degeneration der Harnkanälchen-Epithelien, dass vielfach überhaupt nur das bindegewebige Gerüst der Kanäle, an anderen Stellen vielleicht noch ein oder zwei Kerne an der Peripherie stark zerfaserter Epithelien vorhanden sind. In dem Harn dieses Tieres sind die bei dem vorigen Tier beschriebenen kapselartigen Gebilde reichlich vorhanden, daneben recht zahlreich Organismen, die ich Ihnen hier im hängenden Tropfen und im gefärbten Präparat unter den beiden letzten Mikroskopen aufgestellt habe und die Sie sofort übereinstimmend für Spermatozoën erklärt haben. Mit dieser Deutung würde die Verlegenheit behoben sein, in die ich durch das Auftreten dieser Formen und die Unkenntnis der Tatsache, dass Spermatozoën häufiger in der Blase von Leichen gefunden werden, versetzt worden bin. Denn das

Einzige, was ich bei langem Suchen in der Litteratur gefunden habe, das eine entfernte Ähnlichkeit mit diesen Formen hat, ist abgebildet in einer Arbeit von Kinoshita im Archiv für Protistenkunde, Heft 2 und 3 des Bandes VIII, Tafel 12, Fig. 41. Ich erlaube mir, Ihnen das betr. Bild herumzugeben. Der Unterschied zwischen meinem Präparat und dem Bilde ist eigentlich erledigt mit den beiden Chromatinpunkten, die in dem Bilde innerhalb des Körpers des Organismus sich finden. Der Autor hält diese Form für den Mikrogametocyten des Piroplasma canis.

Bei einem Rückblick auf die verschiedenen, hiermit beschriebenen Formen dürfte es sich empfehlen, auszusprechen, dass die in Nieren und Harn gefundenen Gebilde jedenfalls ganz anderer Art sind, als die im Blut gesehenen. Ob zwischen den verschiedenen, in den Nieren und im Harn vorhandenen, also zwischen denen, welche bei Tier 1 und denen, welche bei Tier 2 nachgewiesen wurden, ein Zusammenhang besteht, etwa derart, dass die bei dem Tier 2, das also am achten Tage nach der Impfung einging, gesehenen eine weitere Entwickelungsstufe der bei Tier 1, am vierten Tage nach der Impfung gefundenen darstellen, werden weitere Untersuchungen ergeben. Betont sei noch, dass Impfversuche mit all dem verschiedenen Nieren- und Harnmaterial beim Kalbe bisher immer negativ ausgefallen sind, mit einer einzigen, vielleicht auf einen Zufall zurückzuführenden Ausnahme. Es kann sich also bei den oben beschriebenen Gebilden höchstens um Formen des Vaccine-Erregers handeln, die eben die Infektion nicht auszulösen vermögen. Ob wir es dabei mit dem Beginn einer sogenannten exogenen Entwickelung zu tun haben, und welche Formen die zu einer Weiterentwickelung befähigten sind, dürfte sich wohl bald herausstellen.

In der Sitzung vom 13. März sprach Herr Arthur Schwantke über:

Isomorphie und kristallochemisches Gleichgewicht.

In den früheren Sitzungen ist vom Verfasser über seine Studien an basaltischen Augiten berichtet worden. Es wurden dabei auch die Verwachsungen zwischen rhombischem und monoklinem Pyroxen und die lamellierten Zwillingsbildungen des letzteren, insbesondere auch, soweit sie mit einer Umwandlung des rhombischen Augit verknüpft sind, behandelt. In der letzten jener Mitteilungen (Juli 1905, Nr. 6) wurde bereits eine Hypothese aufgestellt, die dahin geht, den lamellaren Zerfall der rhombischen Modifikation in die monokline durch Labilität der isomorphen Mischung der beiden verschieden symmetrischen Komponenten zu erklären. Es wurde auch darauf hingewiesen, dass eine solche Beziehung bereits von R. Brauns[1]) für den Mikroklin erkannt worden ist. Immerhin bestehen aber zwischen den Erscheinungen beim Mikroklin und der Diallagstruktur sowie anderen Beobachtungen an jenen Augiten neben augenfälligen Analogien auch sichtliche Unterschiede, insbesondere in dem viel häufigeren Auftreten primärer Verwachsungen beider Modifikationen und der Neigung zur Bildung von Doppelsalzen in der Augitgruppe (was vom Standpunkt der gemachten Hypothese aus durch die wesentlich geringere Mischbarkeit erklärt werden kann). Andrerseits ist auch die hier besprochene Erklärung der Mikroklinstruktur keineswegs allgemein angenommen worden. Es dürfte deshalb, nicht nur wegen der Wichtigkeit der beiden Mineralien sondern auch wegen der allgemeinen physikalisch-chemischen

---

1) R. Brauns, Die optischen Anomalien der Krystalle, Leipzig 1891 132—149.

Bedeutung dieser Frage, angebracht sein, noch einmal in einem besonderen Vortrage darauf zurückzukommen.

Theoretisch erscheint eine solche Metastabilität isomorpher Mischungen verschieden symmetrischer Komponenten durchaus möglich, sobald nicht durch künstliche Einengung des Begriffs der Isomorphie ein Hinübergreifen über die Grenze der Symmetrieklasse oder des Kristallsystems ausgeschlossen wird. Für ein tatsächlich geometrisch isomorphes Verhalten verschieden symmetrischer Modifikationen gibt es Beispiele genug, aber die Entscheidung in der Frage, ob Isomorphie oder nicht, wird stets die Mischbarkeit der Komponenten sein müssen. Die Tatsache solcher Mischungen liegt vor. Zugleich beobachten wir, dass mit zunehmender Verschiedenheit der Komponenten die Neigung zur Mischbarkeit abnimmt und Bildung von Doppelsalzen eintritt, und wir sehen dann weiter, dass gerade bei solchen Körpern die auffallenden Zwillingsbildungen auftreten. Gerade diese Gruppen über deren Isomorphie je nach der engeren oder weiteren Fassung des Begriffs gestritten werden kann, nehmen eine wichtige Mittelstellung zwischen den eng isomorphen und den in weiterer morphotroper Beziehung stehenden Körpern ein.

In jedem Kristall stehen, wie wir annehmen müssen, die Moleküle in einer bestimmten gesetzmässigen Anordnung; es kann eine solche für ein und denselben Körper auf verschiedene Weise möglich sein, aber (wenn wir uns hier auf physikalisch isomere Modifikationen beschränken) für jeden Kristall befinden sich die Moleküle im (stabilen oder labilen) physikalischen Gleichgewicht. Für isomorphe Substanzen gelangen wir dann dazu, den Kristallen oder einzelnen Komponenten die gleiche räumliche Anordnung zuzuschreiben. Vom Standpunkte der Strukturtheorie aus ist dies sehr verständlich, wenn wir ein gleiches (oder nahezu gleiches) Punktsystem annehmen. Diese Anschauung reicht dazu aus die verwandten geometrischen und physikalischen Eigenschaften einzelner Komponenten sowie ihre gegenseitige

isomorphe Fortwachsung zu erklären. Sie bereitet aber schon erhebliche Schwierigkeit, wenn wir uns die isomorphe Mischung in allen Verhältnissen (die die gleiche räumliche Anordnung haben muss wie die Einzelkristalle) vorstellen sollen, denn sie muss in jedem Falle absolut homogen sein. Aus diesem Grunde ist es auch von grossem Nutzen, sie uns als Lösung zu denken. Ohne eine bestimmte Annahme über die Natur der isomorphen Mischung zu machen, können wir aber sagen: wie in zwei isomorphen Kristallen A und B die Moleküle unter einander bei gleicher räumlicher Anordnung im Gleichgewicht stehen, so müssen sich auch die zweierlei Moleküle im Mischkristall in der analogen Weise im Gleichgewicht befinden. Wir wollen dieses Gleichgewicht, da es sich hier zugleich um eine chemische Verschiedenheit der Komponenten handelt, als ein kristallochemisches bezeichnen.

Für sehr nahe isomorphe Körper befinden sich die Moleküle der isomorphen Mischung in allen Mischungsverhältnissen im Gleichgewicht. Je weniger nahe sich die Komponenten einer Reihe stehen, umsoweniger kann eine solche Anordnung im Gleichgewicht zustande kommen oder es wird ein solches Gleichgewicht nur noch labil sein, und wenn sich die morphotrope Änderung des Moleküls noch weiter erstreckt, so wird ein Gleichgewicht und damit eine isomorphe Mischbarkeit überhaupt nicht mehr möglich sein.

Eine solche allgemeine Darstellung der morphotropischen Beziehungen hat zwei Vorteile, 1. sie ist unabhängig von der jeweiligen Erklärung des Zustandes der isomorphen Mischung, 2. sie vermeidet die Schwierigkeit, die mit der strengen Abgrenzung dessen, was wir noch unter dem Begriff isomorph verstehen wollen — es können auch innerhalb einer und derselben Symmetrieklasse die Komponenten zu weit auseinander stehen um eng isomorph zu sein — und sie lässt die fortlaufende Reihenfolge der morphotropen Beziehungen erkennen.

Voraussetzung ist also, dass in der Tat eine solche allmähliche Abstufung existiert. Innerhalb der isomorphen Körper ist die Reihenfolge dadurch gegeben, dass der Satz gilt: die isomorphe Mischbarkeit ist umso grösser, je näher sich die einzelnen Komponenten zu einander isomorph verhalten. So weit würde also auch die Anordnung nach der Mischbarkeit[1]) ausreichen und kein Grund vorliegen, dafür den Ausdruck des Gleichgewichts zu setzen. Der Grund hierfür liegt in der Labilität des Mischungszustandes. Vom Standpunkte der Lösungstheorie aus könnte man dafür die Ausdrücke leicht und schwer löslich, unbegrenzt und begrenzt löslich und den Begriff der Übersättigung gebrauchen. Das Auftreten von Lamellen der niedriger symmetrischen Modifikation in der höher symmetrischen hat zwar mit der Ausscheidung aus übersättigter Lösung eine gewisse Ähnlichkeit, aber wir sehen, dass die niedriger wie symmetrische Form die gleiche chemische Zusammensetzung behält, von Trennung des Gelösten vom Lösungsmittel kann also nicht die Rede sein Um Dimorphie handelt es sich auch nicht, das beweisen die kontinuierlichen Übergangserscheinungen der (weiter unten zu besprechenden) Polysymmetrie.

Eine Labilität isomorpher Mischungen durch Dimorphie ist allerdings in der Tat denkbar. Haben wir eine isomorphe Reihe $A_1, B_1, C_1, \ldots$ und die damit isodimorphe $A_2, B_2, C_2, \ldots$ (es wird sich in solchen Fällen nur um physikalische Isomerie handeln können), so können unter denselben (Druck- oder Temperatur-) Bedingungen in der ersten Reihe die Glieder A_1, B_1, C_1 die stabile Modifikation sein, unter denen in der zweiten Reihe etwa D_2, E_2, F_2 stabil sind. Die Folge davon ist auch eine sehr geringe Mischbarkeit der stabilen A_1, B_1, C_1 bez. D_2, E_2, F_2 mit den labilen D_1, E_1, F_1 bez. A_2, B_2, C_2 wie wir es auch tatsächlich häufig beobachten. Es ist nun nicht

1) Vergl. z. B. die Stufenfolge der Mischbarkeit nach Retgers bei W. Nernst Theoretische Chemie, 4. Aufl. 1903, 121, 185.

ausgeschlossen, dass unter gewissen Bedingungen, eine reichlichere Mischung etwa von A_1 und D_1 zustande kommen könnte, die sich dann unter den gewöhnlichen Verhältnissen als labil erweisen würde.

Es wäre von grossem Interesse, darüber an künstlichen Substanzen Versuche anzustellen. Ein Beispiel für eine Beimischung der labilen Modifikation in der stabilen liefern nach J. W. Retgers (Zeitschrift für physik. Chemie 3. 1889, 497—561) die Sulfate $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (Bittersalz) und $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (Eisenvitriol). Die *Mg*-reichen Mischungen sind rhombisch wie das reine *Mg*-Salz, die *Fe*-reichen monoklin wie die reine *Fe*-Verbindung. Etwas anderes ist die von demselben Autor gemachte rein hypothetische Annahme der isodimorphen Beimischung einer labilen Komponente wie z. B. in der Kalkspatgruppe. (J. W. Retgers, Neues Jahrbuch für Min. etc. 1871, 132–160; 1892 I, 210—217). Hier wird wegen der Beimischung einer geringen Menge $MgCO_3$ im Kalkspat und dem abweichenden Molecularvolumen von Kalkspat und Magnesit (l. c. 1892, 216) „eine labile Modification des Magnesiumcarbonats, welche sich im Molecularvolumen dem Kalkspath mehr nähert und deren Aufnahme im Krystallgebäude ohne Spannungen erfolgen könnte", angenommen. Das würde also eine zweite rhomboedrische Form von $MgCO_3$ nötig machen, deren Existenz durch nichts weiter bewiesen wird und auch nach der hier vorgetragenen Ansicht nicht wahrscheinlich ist. Wir werden am Schlusse darauf zurückkommen.

R. Brauns (l. cit. 149) fasst seine Ansicht über den Mikroklin wie folgt zusammen: „Der reine Kalifeldspath ist monoklin, der reine Natronfeldspath ist triklin, beide sind isomorph, (d. h. sie haben nahezu congruente Structurformen [Punktsysteme])."

„Die Verschiedenheiten in der Symmetrie (bezw. in den Structurformen) beruhen auf der Wirkung des alkalischen Bestandtheils."

„In den isomorphen Mischungen können die geringen Verschiedenheiten der Structurformen verschwinden: das Raumgitter des Natronfeldspathes wird gleich dem des Kalifeldspathes im Orthoklas, das des Kalifeldspathes gleich dem des Natronfeldspathes im Mikroklin (Anorthoklas)."

„Durch die isomorphe Beimischung wird die Stabilität (der Raumgitter) verringert, das Natron im Kalifeldspath nähert diesen dem Natronfeldspath, das Kali im Natronfeldspath nähert diesen dem Kalifeldspath, gewisse Mischungen befinden sich in einem labilen Gleichgewichtszustand: durch Änderung von Druck oder Temperatur können monokline Mischungen triklin, trikline monoklin werden."

„Der Mikroklin war ursprünglich ein natronhaltiger monokliner Kalifeldspath und ist erst durch den lang andauernden Druck des Gebirges triklin geworden."

Brauns sieht also den Grund der Mikroklinstruktur in der Labilität der isomorphen Mischung und den Gebirgsdruck nur als den auslösenden Faktor. Dass dieser in allen Fällen wirksam gewesen sein muss ist aber nicht anzunehmen. C. Hintze[1]) bemerkt dazu: „Die frei ausgebildeten Mikroklinkrystalle, z. B. aus dem Granit des Riesengebirges sieht Brauns nicht als „„aufgewachsen, sondern aus dem Gestein herausgewachsen"" an; man findet jedoch in Drusen von Striegau und besonders auch an den schon makroskopisch so schön die Mikroklin-Gitterstructur zeigenden Amazoniten vom Pike's Peak recht frei aufgewachsene Krystalle, von denen man sich schwer vorstellen kann, dass sie so stark vom Gebirgsdruck in Mitleidenschaft gezogen sein sollten, um diesem ihre Structur als secundär zu verdanken." Vom Standpunkte der Labilität aus ist auch die Mitwirkung des Druckes nicht absolut nötig. Die Umwandlung wird sich unter veränderten äusseren Bedingungen seit der Erstarrung auch ganz von selbst vollziehen, sie wird dann allerdings

1) Handbuch der Mineralogie II, 1897, 1335.

viel träger verlaufen und unter Umständen ganz ausbleiben. Neben solchen Orthoklasen haben wir auch einfachen nicht oder nur wenig verzwillingten Mikroklin, besonders in den Alkaligesteinen[1]. „Hier fehlt die Zwillingslamellierung nach dem Periklingesetz sehr oft, selbst ganz einfache Individuen denen auch die Zwillingslamellen nach Albit fehlen, sind keineswegs selten, bilden vielmehr in manchen Gesteinen die Regel. Wo die Gitterstruktur erscheint, ist sie gewöhnlich ausserordentlich fein, die Lamellen sehr kurz, mehr spindelförmig und statt der geradlinigen Berührung findet oft eine verzahnte Verwachsung statt. Oft erkennt man, wie schon Des Cloizeaux beobachtete und N. V. Ussing an grönländischen Vorkommnissen genau beschrieb, dass ein Mikroklinkrystall eigentlich nicht aus zahllos vielen, sondern nur aus zwei Individuen besteht, die sich gegenseitig auf das Innigste durchdringen." Charakteristisch ist also, dass wir neben dem verzwillingten sowohl einfachen monoklinen als einfachen triklinen Kalinatronfeldspat haben.

Der vielfach gemachten Annahme einer Dimorphie steht die Tatsache entgegen, dass sich die beiden dimorphen Modifikationen bei gleichem spezifischem Gewicht so nahe stehen, wie wir es nur von isomorphen Körpern gewohnt sind.

Es wird dies auch stets in allen anderen Fällen der Fall sein müssen, wo wir aus den Mischungen zweier sich nahe wie isomorph verhaltender verschieden symmetrischer Komponenten auf eine Dimorphie schliessen wollen. R. Brauns[2] bemerkt hierüber: „Ganz besonders schwierig aber wird die Entscheidung, ob Isodimorphie oder Isomorphie vorliegt, dann, wenn die bekannten Endglieder sich in ihren Winkelwerten so nahe stehen wie isomorphe Körper, aber sich durch ihren Symmetriegrad unterscheiden, indem sie entweder in ver-

1) H. Rosenbusch Mikroskopische Physiographie I, 2. 1905. 322.

2) R. Brauns, Chemische Mineralogie, Leipzig 1896, 206, 207. — Der Mikroklin ist hier nicht erwähnt.

schiedenen Systemen, oder in demselben System, aber mit verschiedenem Symmetriegrad krystallisieren. Wer die Meinung theilt, dass nur isosymmetrische Körper isomorph sein können, muss natürlich in allen diesen Fällen Isodimorphie annehmen. Die betreffenden Körper sind dann nur kryptodimorph, ihre eine Modifikation kann nur in Mischkrystallen existieren, die vorwiegend aus der andern Substanz bestehen; in der Mischungsreihe befindet sich eine grössere Lücke. Eines der bekanntesten Beispiele bietet uns das schwefelsaure und selensaure Beryllium, $BeSO_4 \cdot 4H_2O$ und $BeSeO_4 \cdot 4H_2O$; das erste krystallisiert quadratisch, das andere rhombisch, beide sind in ihrer Form und ihrem Habitus durchaus ähnlich und bilden Mischkrystalle. Diese sind quadratisch, wenn auf 1 Atom *Se* mindestens 7,33 Atome *S* kommen, dagegen rhombisch, wenn sie auf 1 Atom *Se* höchstens 3,95 Atome *S* enthalten; dazwischen liegende Mischungen bilden sich nicht."

„Um dies zu erklären, kann man sich vorstellen, dass in dem Raumgitter der einen Substanz ein Theil der Molekülschwerpunkte durch die andere Substanz besetzt sei; sie ordnet sich hier dem Ganzen ein, wie eine isomorphe Substanz in die andere. Mit zunehmender Menge steigt der labile Gleichgewichtszustand und über eine gewisse Grenze hinaus kommen überhaupt Krystalle der einen quadratischen Form nicht mehr zu Stande, es besteht eine Lücke in der Mischungsreihe. Auf der andern Seite stehen Krystalle der andern rhombischen Form, die vorwiegend aus der zweiten, jetzt stabilen Substanz bestehen; in dem Raumgitter ist ein Theil der Molekülschwerpunkte nun durch die erste Substanz besetzt."

„Bei dieser Auffassung ist es bis jetzt nur ein Streit um Worte, ob man hier Isomorphie oder Isodimorphie anzunehmen habe. Die Entscheidung, ob die eine oder andere Annahme richtig sei, kann nur durch exacte Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der Mischkrystalle gebracht werden."

Für den Mikroklin ist zur Erklärung der scheinbaren Dimorphie eine Hypothese vielfach angenommen worden, die,

auf die auffallende Zwillingsbildung gestützt, allen Feldspat für triklin und die monoklinen nur durch eine submikroskopische Zwillingsbildung vor den triklinen verschieden erklärte.

P. Groth hat diese Erklärung noch dahin präzisiert, dass er den Mikroklin in eine besondere Klasse der kristallisierten Körper einreihte, die er unter Wiederaufnahme eines alten von A. Scacchi[1]) aufgestellten Begriffs als polysymmetrische bezeichnet. Scacchi (l. c. 37) definierte: „Polysymmetrie ist die Eigenschaft gewisser Körper, dieselbe Krystallform mit verschiedenem Symmetriegesetz und verschiedenen physikalischen Eigenschaften zu haben ..... Die Verschiedenheit zeigt sich in der Aenderung des optischen Verhaltens, in der Art, wie die Krystalle des einen Typus durch eine Temperatur zerstört werden, welche die des anderen nicht angreift, ferner in den Löslichkeitsverhältnissen, indem die Krystalle des einen Typus sich unter denselben Umständen auflösen, unter denen die des anderen sich vergrössern, überhaupt in der grösseren Beständigkeit des einen der beiden Typen.[2])

Groth[3]) definiert: „Polysymmetrie tritt auf bei Körpern von sogenannter »pseudosymmetrischer« Krystallform, d. h. solchen, deren Krystallstructur einer höher symmetrischen sehr nahe steht. Dahin gehören z. B. rhombische, monokline

---

1) A. Scachi, Ueber die Polysymmetrie der Krystalle (übersetzt von C. Rammelsberg). Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges., XVII, 1865 35—55.

2) im Original nicht gesperrt. Es ist immerhin von Bedeutung, auf die Beobachtung der verschiedenen Beständigkeit schon bei Scacchi hinzuweisen, wenn auch von ihm an eine Labilität in dem hier gebrauchten Sinne nicht gedacht worden ist, ebenso wie sich seine Bemerkung über die Temperatur, wie R. Brauns (Anomalien, 28), betont, nur auf das Verhalten in Lösung beziehen und die Umwandlungserscheinungen der Kristalle bei Temperaturänderungen erst später erkannt worden sind.

3) P. Groth, Einleitung in die chemische Krystallographie 1904, 4.

oder trikline Krystallstructuren, in denen die Abstände nächster gleichartiger materieller Teilchen in drei, nahezu unter gleichen Winkeln einander schneidenden Richtungen einer Ebene sehr wenig verschieden sind. Ein solcher Körper zeigt alsdann »pseudohexagonale« Krystallform, d. h. die zu einer anscheinend hexagonalen Form einander ergänzenden Flächen sind, wenn auch nicht vollkommen gleichwertig, doch infolge der nahen Übereinstimmung der Anordnung der Teilchen in denselben bei der Bildung derart ähnlich begünstigt, dass sie regelmässig zusammen und in ähnlicher Weise ausgebildet erscheinen; die Krystallform ist dann eine anscheinend hexagonale, und man könnte sie sich aus einer wirklich hexagonalen, durch eine geringe homogene Deformation entstanden denken. ..... Krystallstrukturen der beschriebenen Art besitzen, wie in der physikalischen Krystallographie gelehrt wird, dreierlei Stellungen, in welchen sie miteinander im Gleichgewichte stehen, wie daraus hervorgeht, dass sie regelmässig als Drillingsverwachsungen nach den Flächen des hexagonalen Prismas erscheinen (als sogenannte »mimetische« Gebilde). Bei dem hierbei gewöhnlichen Aufbau aus dünnen Zwillingslamellen werden die Abweichungen der Winkel von denen eines wirklich hexagonalen Krystalls umsomehr ausgeglichen, je feiner die Lamellen sind, je häufiger also die drei Stellungen im Aufbau des ganzen Gebildes miteinander wechseln. Tritt endlich dieser Wechsel in regelmässiger Weise aber in so kleinen Abständen auf, dass der Zwillingsbau auch mikroskopisch nicht mehr wahrnehmbar ist, so entsteht ein Gebilde, welches durch keine Eigenschaft von einem einfachen hexagonalen Krystall unterschieden werden kann. Alsdann tritt die betreffende Substanz in zwei, anscheinend verschiedenen Modifikationen auf, einer hexagonalen und einer rhombischen (bzw. monoklinen oder triklinen) pseudohexagonalen mit Zwillingsbildung. Da es sich aber hierbei nicht um eine verschiedene Art der Krystallstructur, wie bei der Polymorphie, sondern um eine verschiedene Art des Aufbaues,

aus gleichartigen Krystallstructuren handelt, sollen Körper, welche in derartigen Modificationen von verschiedener Symmetrie auftreten, als »polysymmetrische« Körper, die einzelnen in ihrer Form nahe übereinstimmenden, aber durch die Symmetrie verschiedenen Modifikationen als »polysymmetrische« von den polymorphen unterschieden werden."

„Die Umlagerung in Zwillingsstellung, d. i. die Bildung von Zwillingslamellen, kann nun bewirkt werden durch Druck oder Zug, ebenso aber auch durch Änderung der Temperatur des Krystalls. Der Gleichgewichtszustand für denjenigen regelmässigen Aufbau, bei welchem der Krystall als vollkommen einfacher von höherer Symmetrie erscheint, kann sogar an bestimmte Temperaturgrenzen gebunden sein, und in einem solchen Falle werden nicht nur beim Erwärmen eines polysynthetischen Zwillingskrystalls in demselben neue erkennbare Lamellen auftreten können, sondern es wird auch bei Erreichung der Grenztemperatur plötzlich eine scheinbare Umwandlung in die höhere symmetrische Form eintreten."

(l. c. 7) „Die Krystalle derjenigen polysymmetrischen Form einer Substanz, in welcher die Zwillingsverwachsung nicht mehr wahrnehmbar ist, sind nur scheinbar homogene Körper und unterscheiden sich von den einfachen oder Zwillingskrystallen der Form mit niedrigerer Symmetrie nur durch solche Eigenschaften, welche durch die Art des Aufbaues aus der letzteren bedingt sind; zwischen beiden Formen können Übergänge mit continuierlich sich ändernden Eigenschaften existieren, und es ist nicht für alle Fälle erforderlich, dass die Umwandlung aus der einen Form in die andere bei einer bestimmten Temperatur stattfindet."

„Die polymorphen Modificationen stellen dagegen wirklich verschiedene Zustände (Phasen) dar. Beim Übergang aus dem einen in den andern findet im allgemeinen eine discontinuierliche Änderung aller Eigenschaften, sowohl der scalaren als der vectoriellen, statt, und die Umwandlung erfolgt bei einer bestimmten Temperatur, dem Umwandlungspunkte."

Scacchi fährt an der oben zitierten Stelle fort: „In dem Angeführten liegt auch der Unterschied der Polysymmetrie und der Dimorphie; die Formen dimorpher Körper stehen in keiner Beziehung zu einander, und wenn sich die eine Form in die andere verwandelt, so liegen die neuen Krystalle regellos gegen die alten.“ Scacchi berücksichtigt nur die äussere Form, das drückt sich besonders aus in seinen Schlusssätzen (l. c. 54—55): „Polysymmetrische Substanzen haben zwei wesentliche Eigenschaften: 1. die Flächen und Spaltungsrichtungen der beiden Typen sind vollkommen analog; 2. bei Aneinanderlagerung derselben sind die analogen Flächen einander parallel. Diese beiden Eigenschaften unterscheiden polysymmetrische Substanzen von polymorphen.“

Beim Vergleich zwischen der alten Anschauung A. Scacchis und der modernen Auffassung durch P. Groth erscheint es fast, wie die Übertragung eines alten Namens auf ein anderes Gebiet, immerhin berühren sich aber beide Auffassungen in einzelnen Beispielen. Scacchi zählt zu den polysymmetrischen Körpern: „das schwefelsaure und chromsaure Kali (zwei- und sechsgliedrig), der zweifach weinsaure Strontian mit 5 Aequivalenten Wasser (zwei- und eingliedrig und eingliedrig) und das zweifach traubensaure Natron (zweigliedrig und eingliedrig). Unter den Mineralien Orthoklas und Albit, die Glimmer (zwei- und eingliedrig und sechsgliedrig), die als Harmotom, Phillipsit, Gismondin u. s. w. bezeichneten (regulären, vier- und zweigliedrigen) Verbindungen, Leadhillit und Susannit (zwei- und sechsgliedrig), Mesotyp und Skolecit (zweigliedrig und zwei- und eingliedrig).“ Groth führt als Beispiele auf: Das Uranylmagnesiumnatriumacetat $(C_2H_3O_2)_9(UO_2)_3MgNa \cdot 9H_2O$, das sopropylaminplatinchlorid $PtCl_6(NH_3 \cdot C_3H_7)_2$, das Kaliumnatriumsulfat $(SO_4)_2K_3Na$ und das analoge Chromat $(CrO_4)_2K_3Na$, den Kalifeldspat Si_3O_8AlK. Übereinstimmend gehört also beiden nur an das Sulfat und Chromat, denn Scacchi behandelt tatsächlich auch die Mischungen der Kali- und Natronsalze, aber wir sehen bei ihm den Kreis der zugehörigen

Körper viel weiter gezogen, wie es auch bei der Feldspatgruppe zum Ausdruck kommt. Grade die Erscheinungen, die die Zugehörigkeit zu den polysymmetrischen Körpern nach der neueren Auffassung bedingen, waren ihm noch unbekannt.

Groth rechnet zu den polysymmetrischen Körpern weiterhin auch den Augit. (l. c. 7.) „Die Verbindung SiO_3R, wo R ein zweiwertiges Metall (*Mg, Mn, Fe* u. s. w.), kommt 1. in monoklinen Krystallen vor, welche häufig lamellar zusammengesetzte Zwillinge von anscheinend rhombischer Form bilden, ausserdem 2. in rhombischen Krystallen von genau derjenigen Form, welche resultiert, wenn die Zwillingslamellen der vorigen submikroskopisch werden, endlich 3. in triklinen Krystallen von wesentlich abweichender Form, welche keinerlei Übergang durch Zwillingsbildung zu den beiden ersten zeigt. Hiernach ist anzunehmen, dass die beiden ersten Formen im Verhältnis der Polysymmetrie die dritte zu ihnen im Verhältnis der Polymorphie, in diesem Falle der Dimorphie, steht.“ Es ist also zunächst zu bemerken, dass hier (wohl zum ersten Male) von P. Groth die Analogie zwischen dem zwillingslamellierten Augit und dem Mikroklin hervorgehoben und auf dieselbe Ursache zurückgeführt worden ist, eine Anschauung zu der dann der Verfasser auf einem wesentlich anderen Wege gelangte. Der Unterschied in der Auffassung der Beziehungen der verschiedenen Modifikationen tritt vielleicht grade bei der Augitgruppe deutlich hervor. Groth setzt alle sich in R vertretenden Metalle „*Mg, Mn, Fe* u. s. w.“, also auch *Ca*, in ihrer Rolle gleich, das ist auch vom Standpunkte seiner Erklärung der Polysymmetrie nicht anders möglich, wenn die rhombischen Augite durch submikroskopische Verzwillingung der monoklinen aufgefasst werden. Unerklärt bleibt dabei die Tatsache, dass grade die rhombischen submikroskopisch verzwillingten Individuen wesentlich Magnesia-Eisensilikate sind, während andererseits die kalkhaltigen so häufig makroskopische Zwillingsbildung erkennen lassen.

Für den Mikroklin gibt R. Brauns (l. c. 135) zu, dass diese Schwankungen (in denjenigen Eigenschaften, welche auf die trikline Natur des Mikroklin hinweisen) „durch die Annahme submikroskopischer Zwillingsverwachsungen und vielfacher Übereinanderlagerungen trikliner Schichten erklärt werden können.“ Auch der Verfasser möchte hier ausdrücklich hervorheben, dass durch seine Betrachtungen der Begriff der Polysymmetrie in keinerlei Weise umgestossen oder ersetzt werden soll. Seine Meinung geht vielmehr dahin, dass für einige von diesen polysymmetrischen Körpern die Ursache ihrer Polysymetrie in der Labilität der isomorphen Mischungen erblickt werden muss. Für andere kann sie eine ganz andere sein und doch äusserlich zu dem gleichen Resultat führen, ebenso wie die rein kristallographisch zu beobachtende Polymorphie sowohl in chemischer wie in physikalischer Isomerie ihren Grund haben kann. Die Erklärung wird z. B. eine ganz andere sein müssen, wenn es sich um eine Verbindung eines einzigen Metalls handelt. Die Erscheinung der polysymmetrischen Substanzen ist so charakteristisch, dass es sehr gut ist, sie unter einem besonderen Namen zusammenzufassen. Die Existenz submikroskopischer Zwillingsbildung könnte dabei vielleicht sogar Ansichtssache bleiben. Wenn wir durch Erhitzen einer niedriger symmetrischen Form durch immer feiner werdende Zwillingslamellen den Übergang in die höher symmetrische bewirken und dieses absolut continuierlich verläuft, so müssen wir schliesslich fragen: wo ist die Grenze, bis zu der die Dünne der Lammellen noch gehen kann? Vom Standpunkte der Strukturtheorie aus gelangen wir schliesslich bei der Grösse des Moleküls zu der Vorstellung von 2 oder $2n$ ineinander gestellten Punktgittern.

Durch die Einordnung in die Klasse der polysymmetrischen Körper wird der Mikroklin und die rhombischen und monoklinen Augite aus der ganzen Reihe der Feldspat- bezw. Augitgruppe herausgenommen, ganz ebenso wie wenn wir unter die echt

isomorphen Mischungen nur die Plagioklase oder die rhombischen Augite einreihen. Vom Standpunkte des kristallochemischen Gleichgewichts aus können wir die ganze Gruppe begreifen, es ist der weitere Begriff, den wir den engeren Begriffen Isomorphie etc. überordnen.

Die Characteristica die wir am Mikroklin und Augit für das Verhalten von solchen labilen isomorphen Mischungen gewinnen sind die folgenden: 1. Die einzelnen Komponenten sind sich (bei analoger chem. Zusammensetzung) nach ihrer kristallographischen Struktur ähnlich wie isomorphe Körper aber in ihrer Symmetrie verschieden. 2. Beide sind mischbar, insbesondere kann die niedriger symmetrische Komponente auch innerhalb gewisser Grenzen als Beimischung in der höher symmetrischen Form auftreten und so kann eine scheinbare Dimorphie entstehen, bei der sich die beiden Modifikationen geometrisch wie isomorph verhalten und innerhalb enger Grenzen nahezu gleiches spezifisches Gewicht besitzen. 3. Die Eigenschaften dieser Mischungen sind schwankend. 4. Es macht sich eine auffallende Neigung zur vielfachen Zwillingsbildung bemerkbar.

Zur Bestätigung der hier vorgetragenen Ansicht wird es nötig sein, noch weitere Beispiele für eine solche Labilität der Mischung verschieden symmetrischer aber sich nahezu wie isomorph verhaltender Komponenten zu finden. Ein solches scheint unter den Mineralien auch in der Zoisit-Epidotgruppe vorhanden zu sein. Der exakte Beweis wäre allerdings noch durch genauere Untersuchung zu führen, bei der insbesondere die chemische Untersuchung mit der optischen Hand in Hand gehen müsste. Die bisher vorliegenden Tatsachen sind aber immerhin schon genügend, um eine solche Beziehung wahrscheinlich zu machen. Sie sind, in der obigen Reihenfolge betrachtet, folgende:

1. Der Zoisit $H_2\,Ca_4\,Al_6\,Si_6\,O_{26}$ ist rhombisch, der Epidot, die Mischung dieses Silikates mit dem analogen $H_2\,Ca_4\,Fe_6\,Si_6\,O_{26}$ ist monoklin. Die Winkelverhältnisse ermöglichen die Gegen-

überstellung der Achsenverhältnisse wie bei zwei isomorphen Körpern[1]).

Zoisit a : b : c = 2.9158 : 1 : 1.7900; $\beta = 90^0$
Epidot a : b : c = 2.8914 : 1 : 1.8057; $\beta = 98^0 57$,

2. Infolge der Mischbarkeit beider Silikate sowohl im rhombischen als im monoklinen Zustand ist auch für die Epidotgruppe von vielen Autoren eine Dimorphie angenommen worden. Die dimorphen Glieder würden sich also auch hier ähnlich wie isomorphe Körper verhalten (Spez. Gewicht bei Zoisit 3,25—3,36 bei Epidot 3,32—3,49), deshalb bemerkt C. Hintze[2]). „Es scheint aber die Annahme einer Dimorphie überhaupt weder nötig noch gerechtfertigt zu sein, solange wir keinen Zoisit kennen, der eisenreicher wäre als der eisenärmste Epidot; vielmehr lehren uns die bis jetzt bekannten Thatsachen, dass das rhombische Silicat $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$ nur eine begrenzte Menge Eisen aufnehmen kann, über welche hinaus die Mischung monosymmetrisch krystallisiert."

3. Die optischen Eigenschaften des Zoisit sind schwankend und sogar in einunddemselben Individuum partiell verschieden, sodass man zwei verschiedene Zoisite, α-Zoisit und β-Zoisit, unterschieden hat[3]). Ebenso verhalten sich die monoklinen Epidote, der gewöhnliche Epidot ist stark doppelbrechend und optisch negativ, der Klinozoisit ist (wie der Zoisit) schwach doppelbrechend und optisch positiv.

4. Schon beim Zoisit findet sich eine häufige Zwillingsbildung „in ähnlichem Aufbau, wie die nach dem Periklingesetz polysynthetischen Plagioglaszwillinge"[4]); verzwillingt mit einander sind auch gerade die α- und β-Zoisite[5]).

---

1) P. Groth, Tabellarische Uebersicht der Mineralien 4. Aufl. 1898. 120. (nach Weinschenk).

2) Handbuch d. Min. II. 199.

3) P. Termier, Bull. Soc. Fr. de min. 21. 1898. 148—170.

4) C. Hintze, l. c. 201.

5) Termier l. c.

Auf den komplizierten verzwillingten Aufbau des Epidot hat C. Klein[1]) aufmerksam gemacht. Er bemerkt für den Sulzbacher Epidot: „Im Allgemeinen muss man sowohl bei der mikroskopischen Untersuchung, als namentlich auch bei der Durchmusterung dickerer Präparate mit der polarisierenden Loupe sich wundern, zu sehen, wie ein äusserlich so vollendet gebildetes Material, innerlich doch so wenig homogen und meist durch die eigene Substanz in anderer Stellung so sehr gestört erscheint."

Es ist also mindestens sehr wahrscheinlich, dass wir auch in der Epidotgruppe einen Beleg für unsre Ansicht finden können. P. Groth erklärte sich 1898[2]) für „zwei dimorphe Reihen, deren Formen in einer sehr nahen Beziehung zu einander stehen, indem die höher symmetrischen, diejenigen der rhombischen Reihe, als aus dünnsten Zwillingslamellen der monoklinen Form aufgebaut betrachtet werden können". Damit würde also die Zoisit-Epidotgruppe nach der später (1904[3]) gegebenen Definition von demselben Autor in die Klasse der polysymmetrischen Körper eingereiht werden müssen, wenn sie auch unter den Beispielen nicht mit genannt ist.

Die übereinstimmenden Eigenschaften der drei hier behandelten Mineralien, Mikroklin, Augit und Epidot sind zu auffallend und zu charakteristisch, als dass wir es einem Zufall zuschreiben dürften. Von ganz besonderer Wichtigkeit wird es aber sein müssen, die hier als wahrscheinlich erkannten Beziehungen auch an künstlichen Substanzen zu prüfen und womöglich experimentell zu beweisen. Die Erscheinungen der Polysymmetrie können dabei vielleicht einen guten Wegweiser abgeben, insbesondere dürfte sich danach eine Untersuchung der wasserfreien Alkalisulfate unter dem

1) Neues Jahrbuch f. Min. etc. 1874. 11—13.

2) Tab. Uebersicht l. c.

3) Einl. in d. chem. Krystallographie.

Gesichtspunkte des kristallochemischen Gleichgewichts als lohnend erweisen. Die nahestehenden Glieder dieser Gruppe wie das Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalz sind absolut isomorph, wie die Untersuchungen von Tutton[1]) beweisen. Weiter ab stehen das Ammonium-, Lithium- und Natriumsalz. Ein so beträchtlicher Abstand wie der zwischen dem Kali- und Natronsulfat in der isomorphen bez. morphotropen Reihe wird nach unserer Auffassung auch innerhalb desselben Kristallsystems, die gleiche Wirkung äussern, wie das Überschreiten der Symmetriegrenze, denn beides ist nur eine Folge derselben Ursache. Wenn wir also in dieser Reihe die Doppelsulfate SO_4LiK und SO_4LiNH_4 und das Kaliumnatriumsulfat $(SO_4)_3K_2Na$ nach P. Groth[2]) unter den polysymmetrischen Körpern finden, so werden wir auch dies schwerlich einem blossen Zufall zuschreiben wollen.

Es ist nötig, hier auch noch die Frage nach der Bildung von Doppelsalzen zu erörtern. Diese stehen den echten isomorphen Mischungen in allen Verhältnissen entschieden gegenüber und gerade aus diesem Gegensatze heraus sind die physikalischen Eigenschaften der isomorphen Mischungen und der Doppelverbindungen durch zahlreiche wichtige Arbeiten (unter ihnen nicht zum wenigsten auch durch die verdienstvollen Untersuchungen von J. W. Retgers) beiderseits geklärt worden. Von dem hier vertretenen Standpunkte aus ist dieser Gegensatz auch ohne weiteres verständlich und es bereitet keine Schwierigkeit, wenn wir den Mischungen additive, den Doppelsalzen konstitutive Eigenschaften zuschreiben müssen. Was wir tatsächlich beobachten ist folgendes: Alle sich nahe stehende (im engeren Sinne isomorphe) Komponenten, die in Mischkristallen von jedem beliebigen Verhältnis auftreten, zeigen auch keine Neigung zur Bildung von Doppelsalzen, je weiter die Komponenten einer Reihe von einander abstehen,

---

1) Zeitschr. f. Krist. 24. 1895. 1; 27. 1898. 252.

2) l. c. 6. 7.

umsomehr sehen wir die Neigung zur Bildung von Doppelsalzen hervortreten. Sehen wir nun auch, dass in solchen Fällen die wirklichen Mischungen sich labil verhalten, so können wir das Zustandekommen von Doppelsalzen, die zweifellos eine höhere Stabilität (eben grade auch durch ihre konstitutiven Eigenschaften) besitzen, wohl verstehen.

Die Erscheinungen der Polysymmetrie an Doppelsalzen deuten darauf hin, dass auch diese vielleicht infolge des morphotropen Abstandes ihrer Komponenten labile Eigenschaften besitzen können. Wenn diese Doppelsalze geometrisch in naher Beziehung zu den Komponenten stehen d. h. mit ihnen geometrisch isomorph sind und nur in ihren physikalischen Eigenschaften sich anders als zwei echt isomorphe Mischungen der beiden Komponenten zu je 50% verhalten, so werden wir daraus nur schliessen, dass dieses Gesetz der additiven Eigenschaften nur für isomorphe Mischungen sehr nahe stehender Komponenten gilt, werden aber nicht zur hypothetischen Annahme einer Dimorphie zurückzugreifen haben (vergl. oben Seite 5), um irgend eine nähere isomorphe Beziehung zu konstruieren, die nicht vorhanden ist.

Wir erkennen auch darin wieder einen Vorteil der hier vertretenen Auffassung, der uns zu der Hoffnung berechtigt, dass sich auch durch das Studium solcher an den Grenzen der Isomorphie stehender Glieder werden Aufschlüsse zur weiteren Erkenntnis der morphotropischen Beziehungen gewinnen lassen.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 4 | Mai | 1907

In der ordentlichen Sitzung vom 8. Mai sprach Herr W. Harms (als Gast) über

Die Entwicklungsgeschichte der Najaden und ihr Parasitismus.

Unsere grössten und häufigsten Süsswassermuschel sind die Najaden oder Unioniden, deren hauptsächlichsten Vertreter Anodonta, Unio und Margaritana margaritifera sind. Anodonta piscinales, unsere Teichmuschel, kommt in stehendem, Unio und Margaritana dagegen in fliessendem Wasser vor.

Die letztere Muschel, unsere einheimische Perlmuschel, findet sich hauptsächlich in den kleinen Gebirgsbächen Sachsens und des Hunsrücks. In früheren Jahrhunderten war ihre Verbreitung eine viel grössere, da man sie mit grosser Sorgfalt hegte und pflegte. Nach v. Hessling „Die Perlmuschel" haben sie denn auch in jener Zeit eine nicht unbeträchtliche Menge von brauchbaren Perlen geliefert.

Die Unioniden haben eine recht eigenartige Entwicklung; ihre Larven leben nämlich einige Zeit parasitisch an Fischen. Dieses Verhalten ist die Ursache gewesen, dass ihre Entwicklungsgeschichte lange Zeit unbekannt blieb. Ende vorvorigen Jahrhunderts hat Rathke zuerst den reifen Muschelembryo in den Kiemen der Muschel entdeckt, er hat ihn aber für

einen fremden Parasiten gehalten und mit „Glochidium parasiticum“ bezeichnet. Dasselbe Glochidium hat zuerst Leydig an Fischen parasitierend gefunden; ihm ist die Aufklärung des Entwicklungsganges der Najaden zu danken. Weitere Untersuchungen sind dann von Flemming, Rabl, Schmidt, Schierholz und Lillie angestellt worden.

Ich will nun in kurzen Zügen einen allgemeinen Ueberblick über die Entwicklung der Najaden zu geben versuchen, soweit sie mir z. T. aus der Literatur, z. T. nach eigenen Untersuchungen bekannt ist.

Die Unioniden sind getrennt-geschlechtlich, nur selten findet man Zwitterformen vor. Die in den Ovarien gebildeten Eier gelangen vom Eileiter aus in die inneren Kiemen, wohin mit dem Atemwasser Spermatozoen kommen. Unter gleichzeitiger Befruchtung werden die Eier darauf in die Kloake getrieben und gelangen von hier in die äusseren Kiemen, wo sie in die Brutfalten abgelagert werden. Die Eier sind sehr zahlreich, bei Anodonta z. B. sind es 500 000—1 000 000.

Die embryonale Entwicklung ist bei Unio und Anodonta und auch bei der Perlmuschel im wesentlichen dieselbe.

Das ungefurchte Ei hängt mit der Eihülle durch die Mikropyle zusammen, gegenüber liegen die Richtungskörperchen. Der animalische Pol, der das Ektoderm bildet, und der vegetative Pol, von dem das Entoderm ausgeht, sind schon festgelegt, bevor das Ei das Ovarium verlässt.

Die erste Furchung, wie auch durchweg die weiteren, sind inaequal.

Im zweizelligen Stadium ist die kleinere Keimzelle, die Mikromere, hell, die grössere dagegen, die Makromere, dunkler gefärbt. Die Furchung geht dann ziemlich schnell weiter, es folgt das 4 zellige, 8 zellige, 16 zellige Stadium und so fort, bis es zur Bildung der Gastrula kommt, indem sich die entomeren Zellen bedeutend vermehren und sich einstülpen. Während der Gastrulation bilden sich an der dorsalen Seite

grosse Zellen, die sich ebenfalls einlagern und die Anlage der Schalendrüse bilden.

Die Entwicklung der ektodermalen Organe gestaltet sich nun folgendermassen. Sofort nach der Bildung der Schalendrüse entsteht die Schale aus einer durchsichtigen Masse, die in der Einstülpung abgesondert wird. Die Schale ist zuerst unpaar, sie biegt sich dann aber um und wird zweiklappig. Unterhalb der Invagination bildet sich die Oralplatte oder der Mundschild, wie er auch von einigen Autoren genannt wird, woraus später der Oesophagus entsteht. Der Blastoporus schliesst sich dann und die ventrale Platte nimmt gleichzeitig an Ausdehnung zu; sie ist mit Wimpern bedeckt und wird daher auch als Wimperschild bezeichnet. Eine Rotation in der antero-posterioren Achse findet nur bei Anodonta statt, obwohl bei Unio auch Wimpern vorhanden sind, letztere können daher nicht die alleinige Ursache der Rotation sein. Auf Schnitten bemerkt man innerhalb des hinteren Endes der Schalendrüse sechs grosse Zellen, die als die Anlage der Fadendrüse zu bezeichnen sind; der später zu erwähnende Larvenfaden wird allein von der im Centrum befindlichen Zelle gebildet, die übrigen fünf Zellen bilden dann den Rand der Drüsenöffnung. Die Fadendrüse verlagert sich im Lauf der Entwicklung zum vorderen Ende des Körpers und geht an die grossen Zellen des larvalen Mantels. Nach der Einlagerung des Mantels schlingt sich der Faden zwei bis drei mal um den Adduktorenmuskel. Für den Larvenfaden hat man bisher noch nichts analoges gefunden, er ist ein typisches provisorisches Larvenorgan und zwar leitet sich dieses Organ von den Zellen der rudimentären Kopfanlage her. Es bleibt nur noch die Anlage des larvalen Mantels zu erwähnen übrig, der alle Zellen von dem Blastoporus bis zur Oeffnung der Fadendrüse einschliesst.

Die Mundplatte, deren Zellen alle cylindrisch sind, liegt in der Mitte dieser Anlage. In dieser Zeit erscheinen auch die Haarbündel, die beim Glochidium eine Rolle spielen. Es

sind in diesem Stadium drei Paar Haarbündelzellen vorhanden, deren jede 3—5 Sinneshaare trägt, sie liegen an jeder Seite der Fadendrüse, der Mundplatte und der Ventralplatte.

Aus dem Mesodermkomplex gehen einmal der Adduktor und die Myocyten oder Strangzellen und dann auch wahrscheinlich Niere, Herz und Pericard hervor.

Von den entodermalen Organen ist nur das Entodermsäckchen zu erwähnen, welches sich nach Schluss des Blastoporus als Zellklumpen an das Ektoderm anlagert.

In diesem Stadium kann man die junge Unionidenlarve noch am besten mit dem Trochophorastadium der marinen Lamellibranchiaten und Dreissensia vergleichen, obwohl die Rückbildung hier so stark ist, dass man die Trochophora nur noch sehr schwer erkennen kann.

Ich will zunächst etwas näher auf die Vergleichungspunkte der Anneliden- und Molluskentrochophora eingehen. Aeusserlich ist hier wie dort ein Velum vorhanden, das mit ringförmig angeordneten Cilien bekleidet ist. Im Innern finden wir den ganz gleichartig gelagerten Darmkanal vor, der bei beiden aus den gleichen Anlagen hervorgegangen ist. Bei älteren Stadien finden wir das gleiche Exkretionsorgan, auch die Otolithen bilden sich an derselben Stelle aus. Die Muskelfasern ziehen fast dieselbe Richtung bei beiden. — Die Verschiedenheiten treten weit stärker in den Hintergrund. Es fehlen z. B. der Trochophoralarve von Dreissensia die Ringnerven und die Ringmuskeln, ebenso ein postoraler Wimpernkranz, der am Aufbau des Velums der älteren Annelidentrochophora sehr beteiligt ist. Bei der Molluskentrochophora ist vor allem die Schalendrüse als ein ganz specielles Molluskenorgan typisch, ebenso der Fuss und specialisierte Muskelsysteme. Die anfangs so geringen Abweichungen nehmen nun im Lauf der Weiterentwicklung stets an Umfang zu. Gemeinsam ist nur beiden Gruppen, sowohl den Anneliden wie Mollusken, der Ursprung, dessen Zeuge die Trochophoralarve ist. Bei den Unioniden nun ist das Trocho-

phorastadium sehr undeutlich, was auf die Anpassung an das parasitäre Larvenleben zurückzuführen ist. Der Wimpernschild entspricht vielleicht den analen Wimpernbüscheln der Trochophoralarve, dem Velum wahrscheinlich die vorher erwähnte Kopfanlage, eine breite Partie, die vor der Schale und dem Entodermsäckchen gelegen ist.

Der Uebergang der jungen Larve in das Glochidium ist durch eine Reihe von Aenderungen und Verschiebungen der Zellen und Zellgruppen bedingt, auf die ich hier nicht näher eingehen kann. Das fertige Glochidium, ich nehme hier zunächst

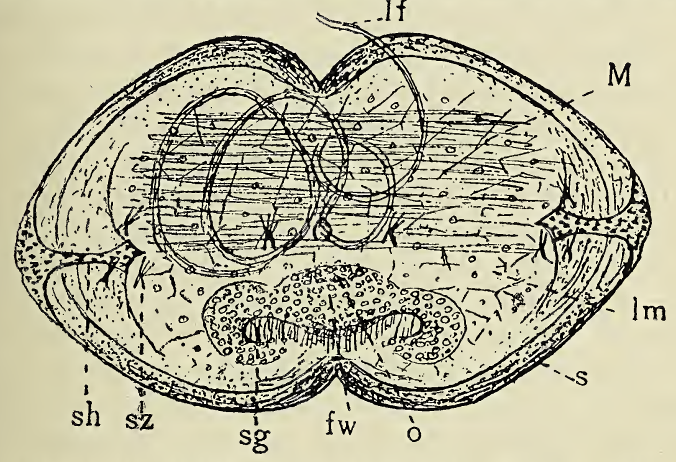


Fig. 1. Glochidium von Anodonta. Vergr. = 180.
fw = Fusswulst, *M* = embryonaler Muskel, *lm* = larvaler Mantel, *lf* = Larvenfaden, *o* = Oralplatte, *s* = Schale, *sg* = seitliche Grube, *sh* = Schalenhaken, *sz* = Sinnesbasalzellen.

das von Anodonta (Fig. 1), hat zwei starke dicke Schalen, die von zahlreichen kleinen Poren durchbrochen sind. Jede Schale besitzt einen starken nach innen gebogenen Haken, der bei Anodonta viel stärker ist als bei Unio und Margaritana. Die Schalen sind durch ein Schloss miteinander verbunden. Die Schlosslinie ist stark und ausgedehnt, an ihr verläuft ein dickes inneres Ligament. Die Höhlung der löffelförmigen Schalen ist von den grossen platten, mit Vakuolen durchsetzten Zellen des larvalen Mantels begrenzt. Der larvale

Mantel trägt vier Paar Bündel von steifen Sinneshaaren. Drei Paar dieser Haarbündel liegen im Bereich der Schalenhaken, sie sind an jeder Seite so angeordnet, dass sie die Ecken eines rechtwinkligen Dreiecks bilden. Das vierte Paar liegt an den Seiten der Fadendrüse. Der Adduktor ist besonders bei Anodonta stark entwickelt, sodass die embryonalen Organe ganz nach hinten zu gedrängt sind. Bei Margaritana dagegen nehmen dieselben einen weit grösseren Raum ein, demgemäss ist auch der Muskel schwächer entwickelt. Als ganz typisches Larvenorgan ist der Larvenfaden anzusehen. Der Larvenfaden entsteht aus der Fadendrüse, er umschlingt den Adduktor einige Male, kommt dann bei Anodonta etwa in der Mitte des Glochidiums zum Vorschein und hat ungefähr eine Länge von 10—15 mm. Bei Margaritana und Unio kommt der Larvenfaden ganz am vorderen Ende heraus.

Die embryonalen Organe liegen im hinteren Teile des Glochidiums. Nach vorne zu gelegen sieht man eine Invagination, der spätere Oesophagus. Die Partie von der Mundplatte an bis ganz nach hinten zu wird als ventrale Platte bezeichnet. In der Mitte gleich hinter der Mundplatte liegt der Fusswulst, und zu beiden Seiten davon die seitlichen Gruben, aus deren äusseren Wülsten die Kiemenpapillen später hervorgehen. Fusswulst und seitliche Gruben sind bei Anodonta mit schwachen Wimpern bedeckt, die jedoch bei Margaritana bedeutend stärker entwickelt sind. Unter dem hinteren Teile des Ektoderms liegt das Entodermsäckchen, das sich schon oft der Mundplatte angelagert hat und die ersten Anlagen der Leberdivertikel zeigt. Ebenso sind die Cerebral- und Visceralganglien in der Anlage im Glochidium vorhanden.

Die reifen Glochidien von Anodonta überwintern in den äusseren Kiemen, um dann im Frühling ausgestossen zu werden, etwa im März und April. Reife Glochidien von Unio findet man im Mai und Juni, während Margaritana marg. erst im Juli und August reife Glochidien ausstösst.

Die Glochidien werden ganz allmählich ausgestossen unter fortwährender Wanderung der Muschel. Kleine Fische umspielen die Muscheln in dieser Zeit in grossen Mengen, da sie die Glochidien als Nahrung ansehen. Die Glochidien nun hängen, nachdem sie ausgestossen sind, mit ihren Larvenfäden aneinander und bilden lange im Wasser flottierende Fäden. Sobald nun ein Fisch, gewöhnlich sind es Weissfische und Elritzen, mit einer solchen Masse von zusammenhängenden Glochidien in Berührung kommt, haftet sich ein Glochidium an den Flossen des Fisches fest, indem es die

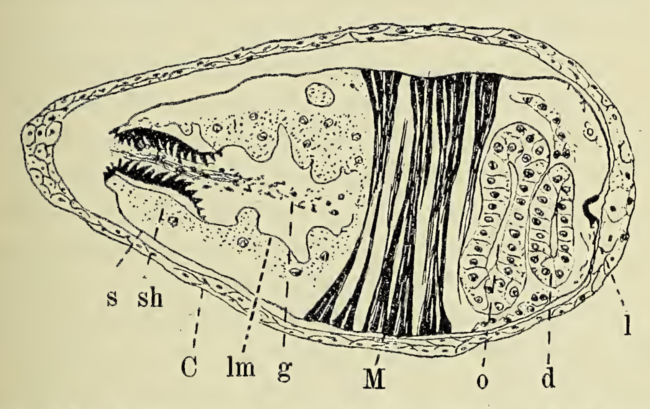


Fig. 2. Glochidium von Anodonta, 12 Stunden nach der Infektion. Vergr. = 220.
C = Cyste, *d* = Darm, *g* = zerfallende Gewebe, *l* = Ligament, *lm* = larvaler Mantel, *M* = embryonaler Muskel, *o* = Oesophagus, *s* = Schale, *sh* = Schalenhaken.

Schalen mit einem kräftigen Ruck zuklappt und sich mit den als Widerhaken wirkenden Schalenhaken (Fig. 2) festhaftet. Die Anodontalarven haften sich gewöhnlich an die Epidermis des Fisches an Flossen, Mund und Kiemendeckel, während die Glochidien von Unio und Margaritana ausschliesslich Kiemenparasiten sind. Sie gelangen mit dem Atemwasser in die Kiemen, weil sie bedeutend kleiner sind als die Anodontaglochidien.

Sobald sich nun ein Glochidium an einen Fisch festhaftet, zerreisst das Epithel bis zur Basalmembran, die der Parasit in Form einer Falte ergreift und somit zwischen seine beiden Mantelhälften bringt. Die Epidermis beginnt sofort an den Schalen des Glochidiums emporzuwuchern und umgiebt es in kurzer Zeit mit einer dicken Cyste. Die grossen larvalen Mantelzellen senden nun zahlreiche protoplasmatische Fortsätze (Fig. 2) aus, durch die dann die Nahrung, bestehend aus zerfallenden Epithelzellen, Blutkörperchen und Leukocyten intracellulär aufgenommen wird. Die einwandernden Leukocyten bilden im Glochidium einen eigentümlichen Detritus, der, wenn er nicht nicht allzumassig auftritt, vom Glochidium verzehrt wird, anderenfalls jedoch wird auch das Glochidium von den Leukocyten zerstört und dann vom Fisch resorbiert. Wir haben hier einen Fall einer phagocytären resp. cytolytischen Verteidigungsreaktion von Seiten des Fisches durch die Leukocyten, die aber meistens günstig für das Glochidium verläuft. Der Zerstörungsprozess des Glochidiums muss im Zusammenhang mit der Fähigkeit der Organismen, spezifische Zellgifte, cytolytische Substanzen zu bilden, gebracht werden, wie sie in neuerer Zeit von bekannten Forschern, z. B. Metschnikoff, festgestellt worden ist.

Ich gehe nun auf die Veränderungen über, die das Glochidium während der parasitären Lebensweise erleidet. In erster Linie werden die Larvenorgane, wie der Larvenfaden, und die Sinnesborsten mit ihren Basalzellen resorbiert. Die Fussanlage vergrössert sich bald beträchtlich und schiebt die Mundöffnung nach vorne; die Cerebralganglien vergrössern sich bedeutend, lösen sich los und bilden etwa am vierten Tage die Quercommissur, indem die Ganglienkomplexe sich spindelförmige Zellen entgegensenden. Der äussere Rand der seitlichen Gruben bildet die Kiemenpapillen. Die Nierenanlagen, die zuerst plasmareiche Zellen mit grossen Kernen darstellen, vergrössern sich zu Schläuchen, mit denen die Anlage von Herz und Pericard, die den Enddarm als einen

Zellstrang umgibt, in Verbindung steht. Der ektodermale Oesophagus und das Proktodäum bilden sich ebenfalls schon sehr früh. Der embryonale Muskel beginnt, nachdem sich der Fuss immer mehr vorgedrängt hat, zu schwinden. Er zerfällt allmählich und wird resorbiert. Etwa am neunten Tage beginnen sich die definitiven Muskel zu bilden und zwar im Gegensatze zu fast allen andern Muscheln zuerst der hintere. Die Pedalganglien haben sich in diesem Stadium schon als ektodermale seitliche Verdickungen des Fusses abgeschnürt und verlagern sich nun ins Innere des Fusses. Fast gleichzeitig mit der Bildung der Pedalganglien erfolgt

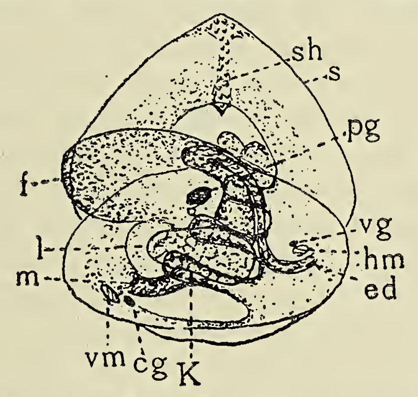


Fig. 3. Soeben aus der Cyste freigewordene junge Najade. Vergr. = 110.

ed = Enddarm, *f* = Fuss, *cg* = Cerebralganglion, *vg* = Visceralganglion, *pg* = Pedalganglion, *k* = Kieme, *l* = Leber, *m* = Mund, *vm*, *hm* = vorderer und hinterer Muskel, *s* = Schale, *sh* = Schalenhaken.

auch die Bildung der paarigen Byssusdrüse, deren beiden Anlagen sehr nahe aneinander liegen, sodass beim Einlagern in das Innere des Fusses die Fussrinne entsteht. Die Otolithenblasen bilden sich ebenfalls als seitliche Einstülpungen am Fusse und sind etwa am 10.—12. Tage schon gut ausgebildet. Nach Ausbildung des Darmkanals hört auch die intracelluläre Nahrungsaufnahme allmählich auf. Das definitive Mantelepithel beginnt von allen Seiten her zu wuchern und drängt

die embryonalen Mantelzellen immer näher zusammen, bis sie schliesslich aufgezehrt werden. Bei den reifen Parasiten, den jungen Najaden (Fig. 3), sind die embryonalen Mantelzellen vollständig aufgezehrt. Die Zellen des Mantelrandes bestehen aus hohem Cylinderepithel, das einen Wulst nach innen bildet. Der Fuss und die Kiemen, es sind gewöhnlich 3—4 Paar Kiemenpapillen vorhanden, füllen den ganzen Mantelraum aus. Der Fuss ist an seiner vorderen Partie stark bewimpert, ebenso die Kiemenpapillen und die hintere und vordere Partie des Mantelrandes. Der Mund trägt zu beiden Seiten paarige Wülste, die die Anlagen der Mundsegel darstellen. Meistens sind diese Wülste schon bewimpert. Die Ganglien sind alle mächtig entwickelt und sind durch Kommissuren verbunden. Bei den Pedalganglien bilden sich dieselben, indem sich die länglichovalen Komplexe dicht aneinanderlegen und dann an der Berührungsstelle verschmelzen. Die beiden Muskel sind vollständig entwickelt, ebenso die Retraktoren des Fusses, die sich von den Muskeln abspalten. Der Darmkanal ist noch einfach in seinen Windungen, es ist erst eine Fusswindung ausgebildet, während bei Erwachsenen deren drei vorhanden sind. Der Magen ist mit Wimpern dicht besetzt, die den Inhalt in lebhafte Rotierung versetzen. Auch der Kristallstielblindsack ist als rechtsseitliche hintere Ausstülpung am Magen vorhanden. Die Leberlappen, an jeder Seite des Magens ein kleinerer vorderer und ein grösserer hinterer, münden mit grosser Oeffnung frei in den Magen. Die Zellen der Leber sind gross und reichlich mit Vakuolen durchsetzt. Herz und Perikard sind noch nicht wesentlich weiter entwickelt, sie umgeben als dicken Strang den Enddarm. Die seitlich vom Enddarm gelegenen Nieren bilden mächtige Schläuche, von länglich ovaler Gestalt, die sich etwas nach innen zu umbiegen.

Bei Unio und Margaritana liegen die Verhältnisse ähnlich, wenigstens verlaufen die Veränderungen der inneren Organe fast ebenso wie bei Anodonta.

Die Dauer des Parasitismus bei Anodonta schwankt sehr, sie ist in erster Linie von der Temperatur abhängig. Die gewöhnliche Dauer ist 70 Tage. Ich habe nun infizierte Fische verschiedenen Temperaturen ausgesetzt. Eine Kultur, die ca. 16° C. hatte, zeigte eine Infektionsdauer von ca. 22 Tagen, eine andere von ca. 18—20° C. gar von 12 Tagen. Hatte ich jedoch eine Temperatur von 8—10° C., so dauerte die Infektion reichlich 80 Tage und länger. Auch von der Ernährung scheint die Dauer abzuhängen, denn Glochidien, die an einem ungünstigen Orte, also nicht direkt an einem kleinen Blutgefässe sassen, fielen viel später ab, als andere günstiger placierte

Sobald ein Glochidium in der Cyste reif geworden ist, macht es mit seinem mächtigen Fusse lebhafte Bewegungen in der Cyste, um diese zu sprengen, was um so leichter ist, je lockerer das Gewebe schon während der Dauer der Infektion geworden ist. Oft liegen reife Parasiten schon halb frei von der Cyste, die durch Vakuolen locker wird, und nach aussen zu leicht abgerieben wird. Der Parasit braucht in diesem Falle nur seine Schalen zu öffnen, um zu Boden zu fallen. Die reifen Parasiten oder jungen Najaden von Anodonta haben etwa eine Grösse von 0,35 mm, und ein bräunliches Aussehen. Sobald eine junge Najade den Wirt verlassen hat, bleibt sie zunächst ruhig liegen, bald aber beginnt sie ihren langen Fuss, der etwa ebenso lang ist wie das Tier selbst (Fig. 4), herauszustrecken, um die ersten Kriechversuche zu machen. Sie kriecht in der Weise, dass sie den bewimperten Fuss auf der Unterlage entlang gleitend ausstreckt und dann unter Zuklappen der Schalen sich nachzieht. Die Bewegungen sind äusserst lebhaft und ruckweise, ganz im Gegensatze zu den trägen alten Muscheln. Die eben ausgeschlüpften Najaden suchen dann in Schlammpartikelchen zu gelangen, wo sie wieder einige Zeit halb offen liegen bleiben. Das Atemwasser wird dnrch die Bewegung der Wimpern des Mantelrandes und der Kiemenpapillen in Bewegung gesetzt.

Infolge ihrer geringen Grösse hat man ganz junge Najaden noch nie gefunden, die kleinsten, die Schierholz z. B. fand, waren 5 mm gross. Es sind häufig Versuche gemacht worden, die jungen Najaden zu züchten, jedoch mit sehr geringem Erfolge. Braun z. B. hat seine Najaden 14 Tage, Schmidt einige wenige noch bis vier Wochen lebend erhalten, etwas weiter kam Schierholz, er brachte einen kleinen Prozentsatz seiner Kulturen noch auf fünf Wochen. Jedoch haben alle genannten Autoren kein wesentliches Wachstum erzielen können, die Najaden nahmen nur um 0,05 mm in der Länge zu, während in der inneren Organisation kaum eine Veränderung zu konstatieren war. Ich habe mich nun ebenfalls etwas mit der Zucht der jungen Najaden befasst. Ich habe sie in Schalen mit wenig Sand und sehr feinen Schlamm gebracht, und von Zeit zu Zeit Aufgüsse von Infusorien dazu gesetzt, weil die mutmassliche Nahrung aus Pflanzenresten, Infusorien und Kieselalgen bestehen musste. Nach einigen verfehlten Versuchen gelang es mir dann auch, die Najaden ganz gut gedeihen zu sehen. Es gelang mir, meine Najaden über 7 Wochen lang am Leben zu erhalten, worauf sich dann in allen meinen Kulturen, auch den noch jüngeren, plötzlich Krebse in grosser Zahl entwickelten, die mir meine Kulturen völlig zerstört haben. Meine ältesten Najaden hatten von 0,35 auf 1,1 mm in der Länge zugenommen und waren in ihrer äusseren Gestalt schon ganz den alten Muscheln ähnlich.

Ich will nun noch kurz auf die Veränderungen eingehen, die die Najaden in der nachparasitären Entwicklung erleiden, so weit es mir möglich ist. Wie wir gesehen haben, verlässt der reife Parasit den Wirt schon sehr weit ausgebildet. Es fehlen ihm noch die Siphonen, die Lippentaster, die äusseren Kiemen und Geschlechtsdrüsen. Die Lippentaster sind allerdings im reifen Parasiten schon deutlich angelegt, sie kommen jedoch jetzt erst zur Ausbildung. An jeder Seite des Mundes bilden sich zwei nebeneinander liegende Wülste, die sich nach vorne zu um den Mund schliessen und nach hinten zu

am Fusse verlaufen. Man ist gewöhnlich geneigt, die Lippentaster als modifizierte Kiemen aufzufassen, was jedoch nach der eben beschriebenen Entwicklung wenig glaublich erscheint, denn die Lippentaster entstehen ganz selbständig von den Kiemen. Die Kiemenpapillen vermehren sich sehr lebhaft, sie stehen in schräger Richtung nach vorne zu mit der Längsachse des Tieres; sie schlagen sich schliesslich um, werden so zweischichtig und verschmelzen dann. Die äusseren Kiemen kommen erst im dritten Jahre zur Ausbildung und zwar in derselben Weise. Der Darmkanal erleidet noch in sofern eine Veränderung, als sich im Fusse, der jetzt noch wesentlich grösser und breiter wird, die typischen drei Windungen des Darmes bilden. Die Siphonen werden durch Verschmelzen der hinteren beiden Kiemenpapillen gebildet. Auch die Fransen des Mantelrandes am hintern Körperende kamen bei meinen ältesten Najaden in Form von kleinen Papillen zum Vorschein. Es bleibt nun noch die weitere Ausbildung der Niere und damit Hand in Hand die des Pericards und Herzens übrig.

Wir haben gesehen, dass die Nieren bei der eben freilebenden Najade länglich-ovale Schläuche waren, die zu beiden Seiten des Enddarms lagen. Diese Schläuche krümmen sich alsdann unter beträchtlichem Längenwachstum immer mehr nach aussen. Der ursprünglich äussere Schenkel schiebt sich dann gegen die Mittellinie über den andern hinweg, der innere Schenkel wächst zur Mittellinie hin, um sich ventral vom Darme mit dem entsprechenden andern Schenkel zu vereinen. Im weiteren Verlaufe bilden sich dann die Nierenausführgänge und die Perikardialnierengänge.

Herz und Perikard sind im reifen Parasiten noch als ein Zellring um den Enddarm herum angelegt. Aber schon an vier Tage freilebenden Najaden kann man deutlich Herzkontraktion wahrnehmen. Schnitte durch solche Najaden zeigten dann auch schon die völlige Ausbildung von Herz und Perikard, die durch eine Reihe von komplizierten Spaltungen

des Zellringes zustande gekommen ist. Ueber die Bildung der Geschlechtsorgane vermag ich nichts genaueres zu sagen, doch glaube ich, nach den Untersuchungen von Meisenheimer an Dreissensia, Zellgruppen, die als Verdickungen des Perikards auftreten, als die Anlagen derselben deuten zu müssen.

Zum Schluss will ich noch auf die Bildung der Schale eingehen. Bei dem reifen Parasiten ist überhaupt noch keine Veränderung der Schale eingetreten. Ab und zu bemerkt man jedoch bei lange Zeit parasitierenden Larven schon eine Veränderung am Ligament, das, obwohl es noch wie beim Glochidium ein Inneres ist, doch jetzt nur noch ein Oeffnen der Schalen um etwa 90° zulässt, während ein Glochidium sie um 180° öffnen kann. Es wächst nämlich von den ventralen Seiten des inneren Ligaments aus ein feines Häutchen unter den alten Schalen, welche die künftige definitive Schale darstellt. Das Ligament wird auf diese Weise in Bezug auf die definitive Schale zu einem äusseren, wie es auch bei den alten Muscheln der Fall ist. Schon am zweiten Tage, an dem die jungen Najaden freileben, sieht man an der vorderen Seite die neue Sehale unter der alten hervorkommen. Es wächst nun zuerst die vordere Partie der Schale etwas stärker, darauf auch die hintere und dann erst kommt die definitive Schale auch unter den Spitzen der embryonalen Schale zum Vorschein. Die Schalenhaken, die hier dem Wachstum sehr hinderlich sind, werden zum Teil durch das Anwachsen der Schale, zum Teil durch die Bewegungen des Fusses nach aussen gedrängt und sitzen dann wie auch die Embryonalschale der neuen auf.

Die definitive Schale zeichnet sich durch ein helles Aussehen aus und hebt sich scharf von der braun-gelb gefärbten Embryoschale ab (Fig. 4). Zehn Tage alte Najaden zeigen schon recht bedeutende Zuwachsstreifen, die vorn am stärksten sind. Man kann jetzt auch schon deutlich die Kalkprismen in der Schale erkennen, die dadurch, von oben gesehen, gekörnelt erscheint. Der Fuss erleidet von jetzt an auch Veränderungen, er wird namentlich hinten sehr breit und gewinnt

mehr ein keilförmiges Aussehen. Die langen Flimmerhaare des Fusses werden abgeworfen und etwa am 20. Tage durch ein dichteres Flimmerkleid, namentlich an der Unterseite ersetzt. Von der im Fusse mächtig entwickelten Byssusdrüse werden jetzt schleimige Massen abgesondert, die das Fortbewegen erleichtern. Aeltere Najaden, etwa von der fünften Woche an, sondern Fäden ab, mit denen sie sich an Pflanzenteilen anheften. Später wird die Byssusdrüse dann rudimentär, bei älteren Muscheln ist sie nicht mehr funktionsfähig. Man hat bis jetzt sogar angenommen, dass sie von Anfang an

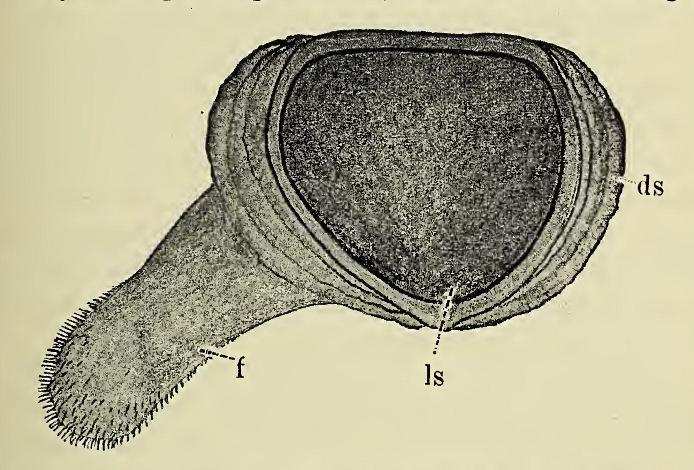


Fig. 4. Junge Najade, ca. 2 Wochen freilebend. Vergr. = 110. *f* = Fuss, *ds* = definitive Schale, *ls* = larvale Schale oder Prodissoconcha.

ihre Funktionsfähigkeit verloren hatte. Etwa 3—4 Wochen alte gut genährte Najaden nehmen um das Doppelte an Grösse zu. Die ältesten Najaden, die ich beobachten konnte, waren etwa sieben Wochen alt. Diese hatten etwa eine Länge von 1—1,2 mm, und waren in ihrer Form schon ganz den alten Muscheln ähnlich, auch der Fuss hatte an Länge ab-, dagegen an Breite bedeutend zugenommen. Auf der Prismenschicht ist bei derartig alten Najaden auch schon die Cuticula ausgebildet, die als eine feine gelbliche Schicht zu erkennen ist.

Wie bei allen Muscheln, so bleibt auch bei den Najaden die Embryonalschale, die Prodissoconcha, sehr lange erhalten. Jackson konnte sie noch an 3—5 cm langen Exemplaren sehr gut erkennen, wie er in seiner „Phylogeny of the Pelecypoda" angibt.

Das interessanteste in der Entwicklung der Najaden ist entschieden ihr zeitweises parasitäres Leben, und die damit verbundenen Modifikationen der Larve. Wie nun dieser Parasitismus zustande gekommen sein kann, darüber kann man nur Vermutungen anstellen. Höchstwahrscheinlich sind die Najaden vom Meer in das Süsswasser allmählich eingewandert wie auch unsere übrigen Süsswassermuscheln, z. B. Cyclas und Dreissensia. Bei Cyclas finden wir ebenfalls eine Abweichung von dem Entwicklungsmodus der Lamellibranchiaten, indem die jungen Larven in den Kiemen ihren vollständigen Entwicklungsgang durchmachen. Bei Dreissensia polymorpha dagegen, an der wir noch heute das Vordringen in das Süsswasser beobachten können, ist die Eutwicklung in grosser Uebereinstimmung mit den marinen Lamellibrancheaten geblieben, indem noch eine typische freischwimmende Molluskentrochophora zur Ausbildung kommt.

Bei den Unioniden ist nun merkwürdiger Weise die parasitische Periode in die Entwicklungsgeschichte eingeschoben, aber weshalb? Schierholz und auch Lillle sind der Ansicht, dass die in das Süsswasser einwandernden Vorläufer der Unioniden nur eine geringe schützende Chitinschicht besassen und sich durch Anpassung an die parasitische Lebensweise, welche ihnen für die erste Zeit einen genügenden Kalkvorrat mit auf den Weg gab, gegen die zerstörende Wirkung der süssen Wasser zu schützen suchten. Tatsächlich findet auch bei den jungen Najaden zuerst überhaupt keine Chitinabsonderung statt, dafür ist die Kalkabsonderung um so reichlicher. Dies bleibt immer ein Nachteil im Leben der Unioniden, denn sie haben alle leicht zerstörbare Wirbel, was man leicht an alten Muscheln beobachten kann.

Sodann sprach Herr F. Richarz über die Frage:

„Wann und auf welchem Wege beeinflussen suspendierte Teilchen Gewicht und Auftrieb einer Flüssigkeit?"

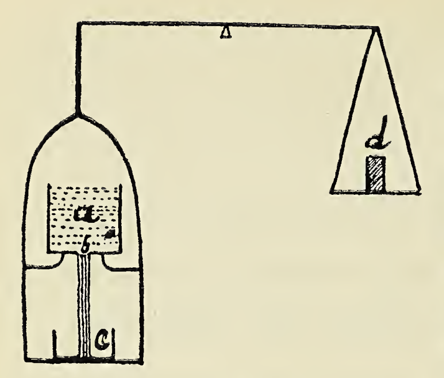
Diese Frage ist durch die Versuche aufgeklärt, welche in den Inaugural-Dissertationen von Herrn v. Plessen (Greifswald 1901) und Herrn B. Löffler (Marburg 1906) beschrieben sind. Im Zusammenhange mit dieser Frage steht diejenige nach der

Gewichtsänderung von „Sanduhren" während des Fallens der Sandteilchen.

Hierüber kann man folgende Erwägungen anstellen, die sich durch die weiterhin berichteten Versuche des Herrn Löffler bestätigt haben.

a. Theorie.

Aus dem Prinzipe „ein fallender Körper ist nicht schwer" ergibt sich: Die im Fallen begriffenen Teilchen werden nicht mitwiegen, wenn sie die volle Schwerebeschleunigung haben; fallen sie mit Reibung, so wird ein Teil der Beschleunigung aufgezehrt; es findet dann Druckübertragung durch Vermittelung der Luft statt; die Teilchen werden in diesem Falle mitwiegen, allerdings nicht mit ihrem vollen Gewicht. Andererseits ist zu berücksichtigen, dass die auf den Boden der Sanduhr auftreffenden Teilchen durch ihren Stoss wirken wie eine Gewichtsvermehrung.



Denken wir uns folgende ideale Sanduhr: Auf der linken Seite einer Wageschale sei, wie aus nebenstehender Figur ersichtlich, ein Gefäss a befestigt. Dieses enthalte Sand und sei mit einer vorläufig geschlossenen Oeffnung b versehen. Das Gefäss a nebst Inhalt und ein darunter stehendes Gefäss c seien äquilibriert durch ein Gewicht d. Nun werde der Verschluss der Oeffnung b entfernt, der Sand fällt dann aus dem oberen Behälter a in den unteren c. Ist μ die in der Zeiteinheit auf den Boden des unteren Gefässes c auftreffende Sandmasse, u die erlangte Endgeschwindigkeit des Sandes, so wird die durch das Auftreffen des Sandes bedingte Gewichtsvermehrung $\mu \cdot u$ sein. Dabei ist es gleichgültig, ob die aus der Oeffnung b austretenden Teilchen bereits (nach Torricellis Theorem berechenbare) Ausflussgeschwindigkeit haben oder nicht; denn die Reaktionswirkung beim Abfallen an der Stelle b ist gleich der Vermehrung der Aktionswirkung beim Aufprallen der Teilchen in c. Bezeichnen wir ferner durch m die während des Fallens in Schwebe befindliche Sandmasse, so wird diese jedenfalls bei reibungslosem Fall eine Gewichtsverminderung bewirken, die eine nach oben gerichtete Kraft $m \cdot g$ repräsentiert. Die gesamte Gewichtsvermehrung wird also $\mu \cdot u - m \cdot g = x \cdot g$, wobei x das Zulagegewicht auf der rechten Wageschale bedeuten würde, welches sie äquilibrieren könnte. Bezeichnet man mit ε das spezifische Gewicht des Sandes, mit h die Höhe und mit q den Querschnitt des Sandstrahles, so ist

$$m = \varepsilon \cdot h \cdot q$$

$$\mu = \varepsilon \cdot u \cdot q .$$

Also wird

$$\mu \cdot u = \varepsilon u^2 q \cdot$$

Wenn das Fallen ohne Reibung geschieht, so ist

$$u = \sqrt{2 g h}$$

Also

$$\mu \cdot u = 2 \cdot \varepsilon g \cdot h \cdot q \cdot$$

Da nun

$$m \cdot g = \varepsilon \cdot g \cdot h \cdot q$$

ist, so muss für reibungsloses Fallen des Sandes

$$\mu \cdot u = 2 m \cdot g \text{ sein.}$$

Bei reibungslosem Fallen des Sandes wäre also die durch das Aufprallen der Sandteilchen auf den Boden des Gefässes c bedingte Gewichtsvermehrung doppelt so gross als die durch die in Schwebe befindliche Sandmasse bedingte Gewichtsverminderung. Die Gesamtwirkung wäre hierbei also $2 m \cdot g - m \cdot g = + \mathbf{m} \cdot \mathbf{g}$ (Gewichtsvermehrung um $m \cdot g$). [Dasselbe müsste für eine sich reibungslos setzende Suspension (die es aber nicht gibt) gelten.] Der andere extreme Fall ist der, dass die Reibung so gross ist, dass $u \sim o$ wird. Alsdann wäre die eintretende Gesamtwirkung $- \mathbf{m} \cdot \mathbf{g}$ also eine Gewichtsverminderung um $m \cdot g$ vorausgesetzt, dass wir annehmen könnten, der Reibungsvorgang an den fallenden Teilchen würde nicht zugleich auch eine Druckübertragung auf den Boden des unteren Gefässes c verursachen. Eine solche Druckübertragung würde tatsächlich dann wohl nicht stattfinden, wenn die Reibung der fallenden Teilchen an der Luft in dieser lediglich kleine und unregelmässige Wirbel erzeugte, von welchen nur ein unerheblicher Teil auf den Boden des Gefässes c wirken kann. Anders aber, — wenn wir — wie bei Suspensionen, die sich ohne Beschleunigung setzen, — uns die Vorstellung ausbilden, dass der Reibungsvorgang den Gewichtsdruck der Teilchen auf das umgebende Medium und dieses ihn weiter auf den Boden des Gefässes überträgt; bei Verbindung der Oeffnung b mit dem unteren Gefässe c

durch eine Röhre würde eine Annäherung an diese Verhältnisse wie bei Suspensionen erzielt werden. Dann würde bei sehr grosser Reibung auch $u \sim o$ sein, die fallenden Teilchen aber mehr oder weniger mit ihrem Gewicht mitwirken, sodass wir eine Gewichtsverminderung der „Sanduhr“ während des Fallens der Teilchen zu erwarten hätten, die zwischen $m \cdot g$ und o läge. Zusammengefasst: wir können, wenn die Reibung gering ist, eine Gewichtsvermehrung von $m \cdot g$ bis o, wenn die Reibung grösser ist, eine Gewichtsverminderung von o bis $m \cdot g$ durch das Fallen der Teilchen erwarten.

Die Ergebnisse der folgenden Versuche lassen sich auf Grund vorstehender Ueberlegungen vollkommen erklären.

b. Versuche.

An einer gewöhnlichen Zehnminutensanduhr, mit der zunächst Versuche angestellt wurden, konnte mit Sicherheit ein Gewichtsunterschied nicht festgestellt werden, und zwar vermutlich deshalb nicht, weil der Sandstrahl zu kurz d. h. die im Fallen begriffene Masse des Sandes zu klein war.

Es wurden daher besondere „Sanduhren“ von Glasbläser Kobe in Marburg hergestellt, bei denen die von dem Sande zu durchfallende Höhe grösser war. Sie bestanden aus einem oberen trichterförmigen Teile (*a* in Fig. pag. 96), einem unteren Sammelgefässe (*c*) verbunden mit einer nach oben führenden Röhre, die am oberen Ende den Trichter trug oder mit ihm verbunden war. Die Einzelheiten der Ausführung waren bei den benutzten 3 Exemplaren verschieden (Dissertation von Hrn. Löffler, pag. 31, 39, 45); sie sollen hier nicht beschrieben werden. Die Fallhöhe des Sandes betrug 12 bis 15 cm; die Fallzeit je nach der Weite der Trichteröffnung (*b* der schematischen Figur) und der Feinheit des Sandes (feiner Sanduhren- oder groben, ausgesiebter Sand) 0,6 Minuten bis 8 Minuten.

Das gesamte Gewicht der mit Sand gefüllten Glasgefässe betrug in den verschiedenen Fällen 70 bis 122 gr. Bei den vollkommensten Versuchen war die Trichteröffnung zuvor

durch einen an einem Messingdraht befestigten Messingkonus verschlossen. Der Messingdraht ragte aus einer Oeffnung am oberen Ende von *a* hervor. Dann wurde Sand eingefüllt, der Apparat auf die Wage gestellt, bis zum Ausgleich von Temperaturdifferenzen und Luftströmungen gewartet und äquilibriert. Nach erfolgter Aequilibrierung wurde der die Trichteröffnung *b* abschliessende Messingkonus in die Höhe gezogen und mittels des Messingdrahtes an einem Haken der Wageschale aufgehängt. Dies geschah vermittels eines Mechanismus ohne Oeffnen des Wagekastens. Der Sand begann nun zu fallen, und die Schwingungen der Wage konnten andauernd abgelesen werden.

Mit jeder der verschiedenen „Sanduhren" wurden mehrere Beobachtungsreihen ausgeführt. Dabei ergaben sich für dieselben Bedingungen stets dem Vorzeichen nach dieselben Gewichtsänderungen, wenn diese immerhin dem Werte nach untereinander zuweilen nicht sehr gut übereinstimmten, was auch nicht zu erwarten war. Die Resultate sind in folgender Tabelle (siehe Rückseite) zusammengestellt, die weiterhin im Einzelnen besprochen werden soll.

Besprechen wir zunächst nur die luftgefüllten Sanduhren. Die erste Horizontalreihe gibt die bei andauerndem gleichmässigem Fallen des Sandes beobachteten Aenderungen des Gewichts gegenüber demjenigen vor Beginn oder nach völliger Beendigung des Fallens. Zufällig sind alle drei Möglichkeiten in Bezug auf das Vorzeichen getroffen worden: No. 1 gibt Gewichtsverminderung, d. h. der Einfluss des eventuell nicht mitwiegenden, in Schwebe befindlichen Teiles (siehe oben pag. 97) überwiegt über den Einfluss des Bodenstosses; bei No. 3 ist es umgekehrt; bei No. 2 heben sich beide Einflüsse innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler auf.

Regelmässig wurde bei allen Versuchen, unmittelbar bevor aller Sand heruntergefallen war, ein vorübergehender Stoss im Sinne einer Gewichtsvermehrung der Sanduhr kon-

Uebersicht über die Resultate der Sanduhrversuche.

	Luftgefüllte Sanduhren			Wassergefüllte Sanduhr No. 3
	No. 1	No. 2	No. 3	
Gewichtsänderung der Sanduhr beim Fallen der Teilchen	— 0,10 bis — 0,11 mg	∼ 0	+ 0,10 bis + 0,27 mg	∼ 0
Stoss beim Aufhören des Fallens	+ 3,25 bis 5,25 mg	+ 6,25 bis 16,75 mg	+ 29,50 bis + 31,50 mg	kleiner als bei der luftgefüllten Sanduhr No. 1, aber noch eben wahrnehmbar
Gewichtsverminderung durch die in Schwebe befindlichen Teilchen	3,35 bis 5,36 mg	von 6,25 ∼ bis zu 16,75 mg	29,23 bis 31,40 mg	"
Theoretisch mögliche Extremwerte der Gewichtsänderung der Sanduhr während des Fallens der Sandteilchen	± 10 mg	± 32 mg	± 102 mg	Vorstehendem zufolge: Berechnung unnötig

statiert. Diesem Stosse entspricht eine momentane Gewichtszunahme, deren Grösse schätzungsweise berechnet werden kann, und die in der 2. Horizontalreihe der Uebersicht angegeben ist. Er erklärt sich folgendermassen: Die durch das Aufprallen der Teilchen auf den Boden von *c* (Fig. pag. 96) bedingte Gewichtsvermehrung ist dieselbe bis zum letzten Zeitelement; anders die Gewichtsverminderung durch die im Fallen befindlichen Teilchen: Fallen eben die letzten Sandteilchen aus der oberen Oeffnung, so wird von jetzt ab immer weniger Sand in Schwebe sein. Dadurch entsteht von dem Augenblick an, in dem die letzten Sandteilchen die obere Oeffnung verlassen, eine wachsende Gewichtsvermehrung. Ist

das letzte Sandkorn aufgeprallt, so ist kein Aufprall mehr vorhanden; es tritt jetzt das alte Gesamtgewicht wieder ein, welches dem Zustande der Ruhe entspricht.

Dieser, unmittelbar nachdem das letzte Teilchen den oberen Trichter verlassen hat, in wachsendem Maasse allein als Gewichtsvermehrung erscheinende Aufprall ist entsprechend, wie die Tabellen zeigen, bei der Sanduhr No. 3 sehr stark, bei welcher auch schon beim stationären Fallen der Einfluss des Aufpralles der Teilchen besonders stark war, wie die erste Horizontalreihe bewies. Ueberhaupt zeigen die Zahlen der 1. und der 2. Reihe übereinstimmend den von der Sanduhr No. 1 bis zu No. 3 wachsenden Einfluss des Aufpralles der fallenden Teilchen auf den Boden.

Die erste Horizontalreihe gibt den superponierten Einfluss der Gewichtsverminderung durch den in Schwebe befindlichen Teil des Sandes und der Gewichtsvermehrung durch seinen folgenden Aufprall auf den Boden an. Letztere Grösse allein ist durch die Zahlen der zweiten Horizontalreihe angegeben. Also ergibt die Differenz der beiden ersten Horizontalreihen die alleinige Grösse der Gewichtsverminderung durch die momentan in Schwebe befindlichen Sandteilchen. Diese Werte sind in der dritten Horizontalreihe der Tabelle eingetragen.

Die theoretischen Ueberlegungen der Seiten 96 und 97 zeigten, dass die durch das Fallen und den Stoss bewirkten Gewichtsänderungen zwischen den Extremwerten $\pm m \cdot g$ liegen müssen, wo m die als Strahl in Schwebe befindliche Sandmasse ist. Um zu kontrollieren, ob die gewonnenen Zahlen diese Grenzen innehalten, wurde m annährend dadurch bestimmt, dass der Trichter mit der Oeffnung b der Fig. pag. 96 aus dem Apparat herausgenommen, mit derselben Fallhöhe wie in letzterem frei aufgestellt, und die Sandmenge, die in Schwebe war, abgefangen wurde, wenn gerade das letzte Sandkörnchen die Oeffnung b verliess. So resultierten die Zahlen der vierten Horizontalreihe in der Tabelle auf Seite 100; in der Tat liegen die Zahlen der drei oberen Reihen stets

innerhalb dieser Grenzen; alle Zahlen sind als *mg*-Gewicht zu verstehen, da sie ja Kräfte bedeuten.

Die Sanduhr No. 2 war zum Evakuieren eingerichtet; nach Auspumpen bis auf etwa 1,8 mm wurde sie zugeschmolzen. Soweit konstatierbar ergaben die den früheren analogen Wägungen auch dieselben Resultate, was auf den ersten Blick verwunderlich erscheinen kann. Indessen ist das Wesentliche für den Vorgang der eventuellen Druckübertragung der fallenden Teilchen auf den Boden, wie auch für die Stärke ihres Aufpralles, ihre Reibung am Gasinhalte. Wenn nun ein fallendes Teilchen die unmittelbar anliegenden Gasschichten mit sich nimmt, so handelt es sich um die innere Reibung; nur bei den allergrössten Verdünnungen tritt gleitende Reibung auf. Die innere Reibung eines Gases aber ist unabhängig von der Dichtigkeit[1]), und damit die durch sie gegebenen Verhältnisse bei der luftgefüllten und der evakuierten Sanduhr im wesentlichen dieselben.

Um jetzt die Analogie mit einer Suspension vollkommener zu machen, wurden Versuche angestellt, bei denen Sand nicht mehr in Luft, sondern in Wasser fiel, wodurch die Reibung bedeutend erhöht war. Zu diesen Versuchen war die Sanduhr No. 3 eingerichtet. Die letzte Vertikalreihe der Uebersicht auf Seite 100 gibt als Resultat dieser Versuche an, dass die Verhältnisse jetzt in der Tat fast ganz dieselben sind, wie bei einer sich setzenden Suspension; ein Gewichtsunterschied bei ruhendem und bei fallendem Sand ist nicht mehr vorhanden; die Teilchen drücken also in Folge vollständig aufgezehrter Beschleunigung mit ihrem vollen Gewicht. Ebenfalls in Folge der starken Reibung ist ferner der schliessliche Stoss nur eben noch wahrnehmbar.

---

1) Kundt und Warburg, Pogg. Ann. 155, p. 337 und 525; 1875; siehe auch Helmholtz, Vorles. VI p. 415.

In der anschliessenden Geschäftssitzung wurden gewählt: zum Direktor Herr Geheimer Regierungsrat Professor Max Bauer, zum stellvertretenden Vorsitzenden Herr Professor Eugen Korschelt, zu Beisitzern Herr Professor F. Schenck und Herr Professor F. Richarz.

Zum ordentlichen Mitgliede wurde gewählt das bisherige ausserordentliche Mitglied Herr Professor E. Neumann, zum ausserordentlichen Mitgliede Herr Dr. Fuëter, Privatdozent der Mathematik.

---

1. Verhandlungen der ornithol. Gesellschaft Bayerns. VI. Bd. München 1907.
2. 33. Bericht der „Philomathie“ in Neisse. Neisse o. J.
3. Berichte des naturwiss.-mediz. Vereins in Innsbruck. XXX. Jahrg. Innsbruck 1907.
4. Verhandl. des botan. Vereins der Provinz Brandenburg. 28. Jahrg. Berlin 1907.
5. Leopoldina. 43. Heft. Nr. 2/4. Halle 1907.
6. 10. Jahresber. der geogr. Gesellsch. in Greifswald. Greifswald 1907.
7. 24. Bericht der meteorol. Commission des naturf. Vereins Brünn. Brünn 1906.
8. Schriften des naturw. Vereins f. Schlesw.-Holstein. XIII. 2°. Kiel 1906.
9. 37. Bericht des naturw. Vereins f. Schwaben. Augsburg 1906.
10. Verhandl. des naturforsch. Vereins in Brünn. 44. Bd. Brünn 1906.
11. Zeitschr. f. Naturwissenschaften. 78. Bd. Heft 6. Stuttgart 1906.
12. Bericht der geogr. Gesellsch. zu Greifswald über die Tätigkeit in den ersten 25 Jahren ihres Bestehens. Greifswald 1907.
13. Mitteilungen a. d. mediz. Fakultät Tokyo. VII. Bd. Nr. 1. Tokyo 1906.
14. Separatabdruck a. d. XXI. Bd. der Annalen d. k. k. Naturhist. Museums. Wien 1906.
15. Verhandlungen d. k. k. Geolog. Reichsanstalt. 1906. Nr. 14/18 und 1907. Nr. 1/3. Wien 1906/1907.
16. 24. u. 25. Jahresber. des Vereins f. Naturkunde zu Zwickau. Zwickau 1907.
17. Verhandl. der Berliner mediz. Gesellschaft. 37. Bd. Berlin 1907.

18. Comptes-rendus des séances der Fauna. 16. Jahrg. Luxemburg.
19. Archives du Musée Teyler. II. Ser. X. Bd. 4. Teil. Haarlem 1907.
20. Boletin del Cuerpo de Ingenieros de minas del Peru. Nr. 41, 44—46. Lima 1906.
21. Boletin del Instituto geologico de Mexico. Nr. 22. in Quart. Mexiko 1906.
22. Archivos do real Instituto bacteriologico Camera pestana. I. Bd. 2. Heft. Lissabon 1907.
23. Memoirs de la sociéte des naturalistes de Kiew. XX. Bd. 2. Heft. Kiew 1906.
24. Bulletin de la sociéte imp. des naturalistes de Moscou. 1905 Nr. 4. — 1906 Nr. 1/2. Moskau 1906/7.
25. Bulletin de l'académie imp. des sciences de St. Petersburg. 1907. Nr. 1—7. Petersburg.
26. Rendiconto dell' accademia delle scienze fisiche. Serie 3 a. XII. Bd. 9/12 u. XIII. Bd. 1/2. Napoli 1806/7.
27. Atti della Sociéta toscana etc. XVI. Bd. 2/3.
28. Atti della Accademia dei Lincei. 1907. XVI. Bd. 2/7. Roma 1907.
29. Regenwaarnemingen en Nederlandsch-Indie. 1905. cart. Batavia 1906.
30. Verhandelingen van het bataafsch Genootschap te Rotterdam. 4°. cart. Rotterdam 1906.
31. Bergens Museum. Aarsberetning for 1906. Bergen 1907.
32. „ „ Aarborg 1906. 3. Heft u. 1907. 1. Heft. Bergen 1907.
33. Tromsö Museums Aarsbetning for 1905. Tromsö 1906/7.
34. „ „ Aarshefter. 28. 1905. Tromsö 1906/7.
35. Opuscula selecta Neerlandicorum de arte medica. geb. Amsterdam 1906.
36. Museum of comparative zoology at Harvard-College.
    a) Annual report. 1902/3, 1903/4, 1904/5. Cambridge 1903/5.
    b) Bulletin. 39. Bd. Nr. 9. 1904.
    do. 50. Bd. Nr. 1—8. 1906/7.
    do. 52. Bd. Nr. 5/6. 1904/5.
    do. 53. Bd. Nr. 1/4. 1904/6.
    do. 54. Bd. 1904.
    do. 55. Bd. Nr. 1/4. 1904.
    do. 56. Bd. Nr. 1/14. 1904/6.
    do. 57. Bd. 1905.
    do. 58. Bd. Nr. 1/3. 1905.
    do. 59. Bd. Nr. 1/4. 1905/6.

c) Memoirs. 25. Bd. Nr. 2. in Quart. 1905.
do. 26. Bd. Nr. 5. „ „ 1905.
do. 29. Bd. (2 Bde. Text u. Tafeln). „ „ 1903.
do. 30. Bd. Nr. 2/3. „ „ 1905/6.
do. 31. Bd. (2 Bde. Text u. Tafeln). „ „ 1904.
do. 32. Bd. „ „ 1905.
do. 33. Bd. „ „ 1906.
do. 34. Bd. Nr. 1. „ „ 1907.
do. 35. Bd. Nr. 1. „ „ 1907.

37. Amer. Academy of arts and sciences Proceedings. 42. Bd. Nr. 14—19.
38. Smithsonian institution. Annual report for 1904/5. geb. Washington 1906.
39. The American Naturalist. Nr. 482/3. Boston 1907.
40. Journal of the Elisha Mitchell scientific Society. Chapel-Hill.
41. Bulletin of the Illinois state laboratory. VII. Bd. 8/9. Urbana.
42. Biennial report of the state geologist (Missouri). Jefferson City.
43. University of Montana. Bulletin Nr. 37. Missoula 1906.
44. Bulletin of the New-York public library. XI. Nr. 2/3. New-York 1907.
45. Bulletin of the Wisconsin natural history society. 5. Bd. Milwaukee 1907.
46. Memoirs of the Manchester literary society. 51. Bd. 2. Heft. Manchester 1907.
47. United States geological survey
    a) Water-Supply and irrigation paper. Nr. 161, 184/185. Washington 1906.
    b) 27th annual report (1905/6). do. do.
    c) Bulletin Nr. 295, 299, 302. do. do.
    d) Professional paper Nr. 46. 51, 52, 54. do. do.
48. Academy of sciences of St. Louis. Transactions XV. Bd. Nr. 6. XVI. Nr. 1/7. St. Louis Mo.
49. Davenport Academy of sciences. Proceedings XI. Bd. pag. 1—124. Davenport 1906.
50. Tower, W. L., An investigation of evolution etc. (Carnegie Institution). Washington 1906.
51. Geological Survey of Canada
    a) Report of the Chibougamon Mining region. Ottawa 1906.
    b) Report on the Rossland mining distrikt. do. do.
    c) Section of mines annual report 1904. do. do.
    d) Summary report for 1906. do. do.
52. Janet, Ch., Anatomie de la tête du Lasius Niger. Limoges 1905.
53. Janet, Ch., Remplacement des muscles vibrateurs. Paris 1906.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 5 Juni 1907

In der ordentlichen Sitzung vom 12. Juni sprach Herr A. Heffter:

Ueber die reduzierenden Bestandteile der Zellen.

Vielfältige Beobachtungen haben gezeigt, dass tierische und pflanzliche Zellen sowie daraus hergestellte Extrakte starke Reduktionswirkungen ausüben. Bekannt sind besonders die von Ehrlich beobachteten Veränderungen gewisser Farbstoffe, namentlich die Entfärbung von Methylenblau durch tierische Organe. Ferner werden Arsensäure, die Oxyde des Selens und Tellurs und die Kakodylsäure reduziert, Schwefel in Schwefelwasserstoff, Nitrate in Nitrite, Nitrobenzol in Anilin verwandelt. Sind diese verschiedenen Reduktionen alle auf den gleichen chemischen Vorgang zurückzuführen d. h. werden sie durch denselben Zellbestandteil verursacht? Diese Frage ist dahin zu beantworten, dass die Reduktion der Nitrate und wohl auch des Nitrobenzols, Prozesse, die durch Blausäure gehemmt, durch Aufkochen unterdrückt werden, und andererseits die Reduktion der Farbstoffe, des Schwefels etc., bei denen keine Hemmung durch Blausäure und höchstens eine Abschwächung durch die Siedehitze erfolgt, zwei verschiedene Vorgänge sind. Wir müssen also zwei verschiedenartige reduzierende Körper in den Zellen annehmen.

Zunächst habe ich versucht, den Chemismus der nicht durch Blausäure hemmbaren Reduktionsprozesse aufzuklären. In einer früheren Mitteilung (Hofmeisters Beiträge V, 213. 1904), die speziell die Reduktion von Schwefel durch tierische Zellen behandelte, habe ich gezeigt, dass diesem Vorgange keine Fermentwirkung zu Grunde liegt, dass das wirksame Agens ein oder mehrere Eiweisskörper sind, und dass das krystallisierte Ovalbumin dieselbe Wirkung besitzt. Den Vorgang setzte ich in Parallele mit den durch Wasserstoffabspaltung bedingten reduzierenden Wirkungen der Merkaptane und gelangte zu der Hypothese, dass die reduzierende Wirkung des Ovalbumins auf Schwefel durch den labilen Wasserstoff einer im Eiweissmolekül enthaltenen Sulfhydrylgruppe bedingt sei, also folgende Umsetzung stattfinde:

$$2R \cdot SH + S = H_2S + \begin{array}{c} RS \\ | \\ RS \end{array}$$

Weitere Untersuchungen haben mir gezeigt, dass diese Erklärung nicht blos für die Reduktion des Schwefels und für das Ovalbumin zutrifft, sondern dass der labile Wasserstoff von Sulfhydrylverbindungen alle jene Reduktionen ausführen kann, die durch Blausäure nicht gehemmt werden, sowie dass sich in reduzierenden Geweben und Gewebsextrakten Sulfhydrylverbindungen nachweisen lassen. Die experimentellen Grundlagen werden in nächster Zeit andernorts (Medizinisch-naturwissenschaftliches Archiv Bd. 1) veröffentlicht werden. Ich fasse daher hier die Ergebnisse dieser Versuche nur kurz zusammen.

Sulfhydrylverbindungen, die den Schwefel in ähnlicher Bindung wie die Eiweisskörper enthalten, z. B. Cystein, Thioglykolsäure, beide Thiomilchsäuren, reduzieren bei Zimmer- resp. Körpertemperatur Methylenblau, Indigblau, Oxyhämoglobin, Schwefel, Kakodylsäure, Tellur- und Selenoxyde etc., aber weder Nitrate noch Nitrobenzol.

Im Nitroprussidnatrium besitzen wir ein Reagens, das in alkalischer Lösung mit Sulfhydrylverbindungen bestimmter Konstitution eine Purpurfärbung giebt, die auf Essigsäurezusatz verschwindet. Mit dieser Reaktion können in reduzierenden Geweben und Gewebsextrakten Sulfhydrylverbindungen nachgewiesen, auch das Ovalbumin als Sulfhydrylverbindung charakterisiert werden. Nimmt man den labilen Wasserstoff der *SH*-Gruppe durch Luftsauerstoff, Schwefel oder andere oxydierende Agentien weg, so fällt die Nitroprussidreaktion negativ aus.

Eiweisskörper, die nicht reduzierend wirken, geben auch keine Nitroprussidreaktion. Einzelne, wie z. B. Serumalbumin kann man durch Natriumsulfit in reduzierende umwandeln. Sie bilden dann aus Schwefel Schwefelwasserstoff und geben die Nitroprussidreaktion. Der Vorgang verläuft offenbar ganz analog der Umwandlung eines Disulfids in ein Merkaptan durch Natriumsulfit:

$$\begin{array}{l} RS \\ | \\ RS \end{array} + Na_2SO_3 + H_2O = 2R \cdot SH + Na_2SO_4$$

Der Nachweis von Sulfhydrylverbindungen in pflanzlichen und tierischen Geweben und die stark reduzierenden Eigenschaften des labilen Wasserstoffs der bekannten Sulfhydrylverbindungen ermöglichen uns nicht nur, die bekannten, durch Blausäure nicht hemmbaren Reduktionswirkungen der Zellen auf einheitliche Weise zu erklären, sondern sie geben uns auch Aufschluss über das Sauerstoffbedürfnis der Zellen.

Die Sulfhydrylverbindungen sind grösstenteils leicht autoxydabel, da die labilen Wasserstoffatome sich mit molekularem Sauerstoff verbinden können. Aus Englers (Ber. d. d. chem. Gesellsch. XXXVII, 3284. 1904) Versuchen über die Autoxydation des Thiophenols wissen wir, dass dabei intermediär Wasserstoffperoxyd entsteht. Durch den Nachweis autoxydabler Sulfhydrylverbindungen ist also eine experimentelle Grundlage für die bisher nur hypothetische Entstehung von Hydroper-

oxyd in den Geweben gegeben. Die Autoxydation der Sulfhydrylverbindungen würde demnach ganz allgemein so darzustellen sein:

$$2R \cdot SH + \begin{matrix} O \\ | \\ O \end{matrix} = \begin{matrix} RS \\ | \\ RS \end{matrix} + H_2O_2$$

Die aus diesen Ausführungen sich ergebende Bedeutung der Beteiligung leicht beweglicher Wasserstoffatome bei den Oxydations- und Reduktionsprozessen in den Zellen berührt sich mit Anschauungen früherer Forscher.

Ausser Hoppe-Seyler, der bereits 1876 auf die Rolle des nascierenden Wasserstoffs bei der Aktivierung des Sauerstoffs hingewiesen und das Vorkommen freien Wasserstoffs in den Geweben als wahrscheinlich angenommen hatte, hat P. Ehrlich 1885 eine Hypothese über den „Sauerstoffort des Protoplasmas" aufgestellt, die sich den durch meine Versuche festgestellten chemischen Tatsachen sehr annähert. Auch Ehrlich nimmt an, dass es sich bei dem Oxydationsvorgang in der Zelle nicht um Sauerstoffaufnahme, sondern um Wasserstoffentziehung unter Bindung zweier konjugierter Gruppen handelt.

Darauf sprach Herr Oswald Loeb a. G.:

Über experimentelle Arterienveränderungen beim Kaninchen durch aliphatische Aldehyde.

In den letzten drei Jahren sind mehr als 70 Publikationen über experimentelle Arterienveränderungen beim Kaninchen erschienen. Dieselben nehmen ihren Ausgang von der Entdeckung Josué's, dem es gelang durch intravenöse Adrenalininjektion eine Erkrankung der Aorta zu erzielen, die bis zu Aneurysmenbildung führte, und in der Folge zuerst durch W. Erb jun. als eine hauptsächlich in der Media vor sich gehende Veränderung charakterisiert wurde, die in einer primären Nekrose der glatten Muskelzellen, in einem Gestrecktwerden und Zerfall der elastischen Elemente der Media und in sekundärer Verkalkung der nekrotischen Herde besteht. Die meisten Autoren beschäftigten sich mit dem Adrenalin, einzelnen gelang es auch mit anderen Substanzen, wie Digalen, Nicotin, Tabaksrauch, Adonidin, Phoridzin, Chlorbarium, Jodkali u. s. w. dieselben Veränderungen zu erzielen. Von vornherein will ich betonen, dass ein Teil der Kaninchen sich gegen Adrenalin refractär verhält, soviel sich aus der Litteratur ersehen lässt, 30—50 Prozent. Wie oft mit anderen Substanzen Erfolge erzielt werden, lässt sich überhaupt nicht übersehen. Bei der von mir benutzten Körperklasse, den Aldehyden, trat nun bisher bei allen erwachsenen Tieren, die länger als zwölf Tage lebten, die Arterienveränderung prompt ein, von der einfachen Plaques-Bildung bis zu schweren Aneurysmen. Makroskopisch wie mikroskopisch entsprachen diese Veränderungen ganz den mit Adrenalin u. s. w. erzeugten.

Es ist deshalb weniger der anatomische Befund als der merkwürdige Zusammenhang zwischen Konstitution und Wirkung, der mich veranlasst, hier kurz über meine Versuche, die anderwärts ausführlich mitgeteilt werden sollen, zu berichten.

32 Kaninchen verabreichte ich per os oder subcutan Aldehyde und zwar Formaldehyd, Formaldehydnatriumbisulfit, Helmitol (= Anhydromethylencitronensaures Hexamethylentetramin), Acetaldehyd, Paraldehyd, Isobutyraldehyd, Valeraldehyd, Oenanthaldehyd, Citral. 25 Kaninchen, es waren dies alle erwachsenen (über 1 Jahr alte), zeigten die typischen Veränderungen, während 7 junge 6—10 Monat alte Tiere auch nach wochenlanger Application intakte Aorten aufwiesen. Auch gegen Adrenalin sind junge Tiere, wie schon Josué fand, refractär. Deutliche Veränderungen in Form von Beeten traten meist nach 12—14 Tagen, in einem Falle sogar nach 7 Tagen, Aneurysmen nach 3—4 Wochen auf. Im Gegensatz zu den aliphatischen Aldehyden konnte ich durch Furfurol und aromatische Aldehyde (Benzaldehyd, Salicylaldehyd und Zimmtaldehyd) bei 12 erwachsenen Kaninchen keine Arterionekrose erzeugen. Es lässt sich zunächst nicht entscheiden, ob Resorptions- und Oxydationsverhältnisse oder die Anwesenheit einer cyklischen Gruppe die Wirkung verhindert.

Ich habe noch eine Reihe anderer Körper, die den Aldehyden mehr oder minder nahe stehen, bei zwölf Kaninchen untersucht und zwar mit negativem Erfolg. Es sind dies Aceton, Diaethylketon, Methylalkohol, Aethylalkohol, Amylalkohol und Natriumacetat.

Was nun diese eigenartige Aldehydwirkung betrifft, so kann ich heute nur negative Seiten berühren. Zunächst kann von einer Infektion keine Rede sein, da einerseits ein Teil der wirksamen Körper per os verabreicht wurde, andererseits für die Fälle von subcutaner Applikation die zahlreichen Versuche, in denen wirkungslose Substanzen ebenfalls subcutan verabreicht wurden, eine hinreichende Kontrolle bieten.

Spontane Veränderungen sind auszuschliessen, da hier bei wenigen Tieren ein fast gesetzmässiger Erfolg eingetreten ist, während ich bei 280 Kaninchen, die ich bisher zu secieren Gelegenheit hatte, niemals spontane Arterienerkrankungen

beobachtete. Blutdrucksteigerung kommt bei den Aldehyden nicht in Betracht, da teilweise der Blutdruck normal bleibt, teilweise eine eventuell eintretende Steigerung nur minimal ist. Auch Kachexie spielt keine Rolle, durch genaue Gewichtskontrolle konnte ich feststellen, dass gerade Tiere, die mit einer der erfolglosen Substanzen gespritzt wurden, einen äusserst starken Kräfteverfall zeigten, während andererseits Tiere mit ausgeprägten Aneurysmen ihren anfänglich guten Ernährungszustand beibehielten.

Ob es gelingt, Tiere an die schwere Giftwirkung zu gewöhnen und widerstandsfähig zu machen, ob es ferner möglich ist, bei anderen Tierarten Veränderungen zu erzielen, die noch dazu mit der menschlichen Arteriosklerose übereinstimmen, ist Sache weiterer im Gang befindlicher Untersuchungen, die aus äusseren Gründen sehr langwierig sind.

Ferner bleibt es eine offene Frage, ob der Befund dieser Aldehydwirkung für die menschliche Pathologie eine Bedeutung gewinnt.

Meine Versuche haben also gezeigt, dass alle untersuchten aliphatischen Aldehyde, nicht aber Furfurol und aromatische Aldehyde, typische Arterienveränderungen beim Kaninchen erzeugen, und somit ein sinnfälliger Zusammenhang zwischen Konstitution und Wirkung besteht. Durch den Umstand, dass auch andere Substanzen diese Veränderungen hervorbringen, verliert diese Tatsache nicht an ihrer Bedeutung, da ja aus zahlreichen Beispielen der Pathologie und Therapie bekannt ist, dass ein und derselbe Effekt durch die verschiedensten Mechanismen erzielt werden kann. In der Litteratur ist ein derartiger Zusammenhang zwischen Konstitution und anatomischer Veränderung nur für die anästhesierenden Körper der Cocainreihe bekannt, die bei Mäusen die sogenannte Schaumleber erzeugen, eines der wesentlichsten Argumente Paul Ehrlich's für die Lehre vom Zusammenhang zwischen Konstitution und Wirkung.

In derselben Sitzung sprach Herr F. A. Schulze über:

a) Beobachtungen an Interferenzstreifen im Spektrum.

I. Talbot'sche Streifen.

Im Jahre 1837 entdeckte H. F. Talbot[1]) die nach ihm benannten Interferenzstreifen, die entstehen, wenn man bei der Betrachtung eines Spektrums die Hälfte der Pupille durch ein Glasblättchen von der Dicke eines Deckgläschens bedeckt. D. Brewster,[2]) der wenige Monate später unabhängig von Talbot dieselbe Entdeckung in demselben Jahre machte, fand dabei die merkwürdige Tatsache, dass die Streifen nur auftreten, wenn man das Blättchen von der violetten Seite des Spektrums her vor das Auge schiebt.

Die naheliegende einfachste Erklärung dieser Streifen als reine Interferenzerscheinung der durch die Luft und der durch das Glasblättchen hindurchgehenden Strahlen giebt zwar den Ort der Streifen richtig an, erklärt aber nicht die eben genannte auffallende Unsymmetrie in dem Auftreten der Streifen. Airy[3]) hat zuerst gezeigt, dass man zu ihrer Erklärung die Beugung an den Rändern der Pupille notwendig hinzunehmen muss, und die vollständige Theorie der Erscheinung aufgestellt. Später sind noch mehrfach Darstellungen der ausführlichen Theorie gegeben, so von Esselbach[4]) und G. Kirchhoff.[5])

---

1) H. F. Talbot, Phil. Mag. (3) **10**. 364. 1837.

2) D. Brewster, Brit. Assoc. Rep. **2**. 12. 1837.

3) G. B. Airy, Phil. Trans. London Roy. Soc. 1840. p. 225; 1841. p. 1. Pogg. Ann. **53**. 459. 1841. **58**. 535. 1843.

4) E. Esselbach, Pogg. Ann. 98. 513. 1856.

5) G. Kirchhoff, Vorl. über Optik (Leipzig 1891). 6. Vorl. §§ 4 u. 5.

So wertvoll diese Abhandlungen sind, so ist es doch bei der Kompliziertheit der Rechnungen nicht möglich, aus ihnen eine klare anschauliche Einsicht von dem Grund jener merkwürdigen Unsymmetrie in dem Auftreten der Talbot'schen Streifen zu erhalten.

Eine derartige kurze sehr anschauliche Darstellung ist m. W. zuerst von Volkmann[1]) gegeben. Sodann hat F. Pockels[2]) in der neuen Auflage des Handbuches der Physik von Winkelmann eine etwas ausführlichere anschauliche Darlegung des Sachverhalts gegeben.

Ferner finden sich derartige Darlegungen noch bei A. Schuster[3]) und J. Walker.[4])

Es sei gestattet, hier das Wesentliche der Erklärung an Hand der Pockel'schen Darstellung wiederzugeben.

Demnach ist die Erscheinung aufzufassen als (Fraunhofer'sche) Beugungserscheinung an zwei dicht nebeneinanderliegenden Spalten, von denen die eine mit einem Glasblättchen bedeckt ist. Seine Dicke sei D. Die Breite a jedes der beiden Spalte ist gleich der Hälfte der Pupillenöffnung.

Nach der Beugungstheorie entstehen hierbei

1. Minima erster Klasse, die von der Beugung durch einen Spalt von der Breite a herrühren. Ihre Lage wird durch das Glasblättchen nicht beeinflusst.
2. Minima zweiter Klasse. Ihre Entstehung und Lage ist am besten aus der Figur 1 zu ersehen.

---

1) Volkmann, Vorles. üb. die Theorie des Lichtes, p. 180 (Leipzig bei Teubner 1891).

2) Handbuch der Physik, herausg. von Winkelmann, VI. p. 1087. 1906.

3) A. Schuster, Phil. Mag. (6) **7**. 1. 1904.

4) J. Walker, Phil. Mag. (6) **11**. 531—534. 1906; Proc. Phys. Soc. **22**. p. 173—177. 1906.

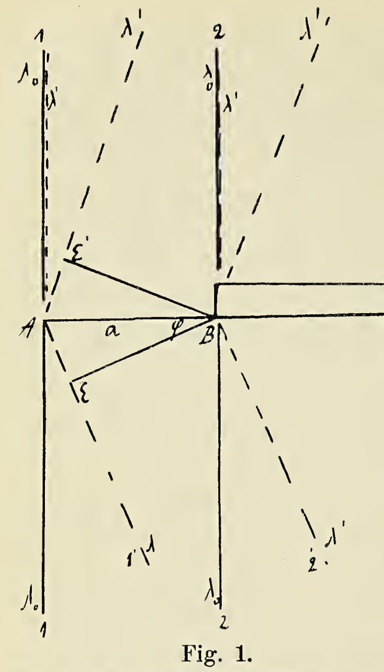


Fig. 1.

A und B sind korrespondierende Punkte der beiden Spalte.

Mögen zunächst alle Strahlen senkrecht einfallen.

Der Strahl 2 erhält bei seinem Durchgang durch das Glas eine Verzögerung gegen den Strahl 1, die einem Wegunterschied $\varDelta = D(n-1)$ in Luft entspricht. Für die unter dem Winkel φ abgebeugten Strahlen 1' und 2' ist der Wegunterschied $\varDelta - a\varphi$. Die Minima zweiter Klasse sind dann in ihrer Lage gegeben durch $\frac{\varDelta - a\varphi}{\lambda} = \frac{2k-1}{2}$ wo k eine ganze positive oder negative Zahl.

Der Abstand der Minima ist $\varphi' = \frac{\lambda}{a}$.

Sei nun für den Centralstrahl und die Wellenlänge λ_o gerade $\frac{\varDelta}{\lambda_o} = \frac{2k-1}{2}$, also in der Mitte ein Minimum zweiter Klasse für λ_o.

Betrachten wir jetzt eine sehr nahe liegende kleinere Wellenlänge λ'. Da $\frac{\varDelta}{\lambda}$ nun dadurch wächst, so liegt das Minimum für diesen Strahl der Wellenlänge λ' etwas nach rechts verschoben, unter einem Winkel φ, so dass

$$\frac{\varDelta' - a\varphi}{\lambda'} = \frac{2k-1}{2}.$$

Eine sehr geringe Änderung von λ, die dem Auge noch als gleiche Farbe erscheinen würde, giebt schon eine beträcht-

liche Änderung von $\frac{\Delta}{\lambda}$, also schon eine entsprechend beträchtliche Änderung von φ. Die Minima von λ' erscheinen also erheblich verschoben gegen diejenigen von λ_0; dagegen ist der gegenseitige Abstand der Minima von λ' nur sehr wenig verschieden von demjenigen der Minima von λ_0, da eben λ' sehr nahe an λ_0 liegt. (Siehe Fig. 2.)

Fig. 2.

Eine scharfe Interferenzerscheinung kann nur eintreten, wenn diese Minima für alle Wellenlängen aufeinanderfallen. Das kommt nun bei den Talbot'schen Streifen dadurch zu Stande, dass die Strahlen verschiedener Wellenlängen nicht, wie bisher angenommen, alle unter demselben Winkel senkrecht auf den Spalt AC (die Pupillenöffnung) auftreffen, sondern, weil sie ja einen Spektrum angehören, unter verschiedenen Winkeln. Dadurch kann es nun unter günstigen Umständen eintreten, dass die Verschiebung der Minima, die von der Änderung der Wellenlänge herrührt (von A nach A'), wieder gerade kompensiert wird dadurch, dass der Strahl der Wellenlänge λ' unter etwas anderem Winkel einfällt als der Strahl der Wellenlänge λ_0. Diese zweite Ursache kann es bewirken, dass das System der Minima von λ' von den Stellen A' auf die Stellen A rückt. Bei senkrechter Inzidenz war das Minimum für λ' von A nach A' gerückt, weil $\frac{\Delta}{\lambda}$ mit abnehmenden λ wächst; damit dann $\frac{\Delta'}{\lambda'} - \frac{a\varphi}{\lambda'}$ wieder den Wert $\frac{2k-1}{2}$ erhielt, musste φ einen gewissen positiven Wert erhalten, d. h. also der Strahl musste in Luft einen grösseren Weg bekommen, der in der Zeichnung durch AE gegeben

ist. Denken wir uns nun aber, die Strahlen von der kleineren Wellenlänge λ' fielen von rechts her, d. h. von der auf der Seite des Blättchens gelegenen Seite schräg ein, und zwar grade unter eben jenem Winkel φ gegen die Normale, so werden wir jetzt die Interferenz bekommen für diejenigen Strahlen, die von A und B zentral weitergehen, in der Richtung AF und BG, wo $\varphi = 0$ ist. Denn es ist nun die zur Interferenz erforderliche Verlängerung des Weges für den durch die Luft gehenden Strahl von AE verlegt worden nach AE'. Da aber $\sphericalangle \varphi = \sphericalangle \varphi'$ sein soll, so ist $AE = AE'$. Und so gilt die Überlegung für jede nahe an λ_0 gelegene Wellenlänge. Die Talbot'schen Streifen sind dann scharf zu sehen. Wie man sieht, ist also dazu nötig, dass die kleinere Wellenlänge von derjenigen Seite her einfällt, auf der sich das Glasblättchen befindet.

Würde man λ' von der anderen Seite her einfallen lassen, so würde offenbar keine Kompensation der beiden Verschiebungen eintreten, sondern es würde im Gegenteil A' noch weiter von A wegrücken, da man ja dann nicht, wie es nötig ist, dem Lichtstrahl, sondern grade dem Glasstrahl die Wegverlängerung gegeben hätte.

Die Bedingung für strenge Kompensation lässt sich hiernach auch leicht mathematisch formulieren.

Es sei i der Einfallswinkel der Strahlen; i ist eine Funktion der Wellenlänge $i = i(\lambda)$. Der Winkel, unter dem $\lambda' = \lambda_0 + d\lambda$ einfällt, ist gegeben durch $\frac{di(\lambda)}{d\lambda} d\lambda$. Ferner ist $\frac{\Delta}{\lambda}$ eine Funktion von λ; $\frac{\Delta}{\lambda} = f(\lambda)$. Beim Übergang von λ_0 zu λ' ändert sich $\frac{\Delta}{\lambda}$ um $\frac{df(\lambda)}{d\lambda} d\lambda$. Dieses ist zu kompensieren durch $\frac{a\varphi}{\lambda}$, wobei $\varphi = \frac{di(\lambda)}{d\lambda} d\lambda$. Die Talbot'schen Streifen treten also scharf auf, wenn $\frac{a}{\lambda}\frac{di(\lambda)}{d\lambda} = \frac{df(\lambda)}{d\lambda}$ ist.

Diese Bedingung kann, wenn überhaupt, nur für einen bestimmten Teil des Spektrums erfüllt sein. Es ist erstaunlich, dass die Talbot'schen Streifen bei den zufälligen Dimensionen der Deckgläschen, der Dispersion des angewandten Spektralapparates, der Vergrösserung des Fernrohres so verhältnismässig stark zu sehen sind.

Danach würde man also unter Umständen die Talbot'schen Streifen beim Einschieben des Deckgläschens vom roten Ende des Spektrums erhalten müssen in einem Bezirk von Wellenlängen, für welchen anomale Dispersion besteht, wenn nämlich $\frac{df(\lambda)}{d\lambda} < 0$ ist. Da diese Bedingung aber erhebliche anormale Dispersion voraussetzt, so bedeutet sie auch starke Absorption in diesem Bezirk, so dass es dahingestellt bleiben muss, ob dieser Fall für die Beobachtung realisierbar ist.

Es bleibt noch die Besprechung der Minima erster Klasse übrig. Diese erfahren nicht, wie die Minima zweiter Klasse bei einer kleinen Änderung der Wellenlänge eine gemeinsame seitliche Verschiebung, sondern nur eine kleine Änderung ihres Abstandes. Dadurch nun, dass die Strahlen verschiedener Wellenlängen unter verschiedenen Richtungen einfallen verschwinden diese Minima durch Superposition der gegen einander verschobenen Streifensysteme.

Die Talbot'schen Streifen sind vielfach Gegenstand der Beobachtung gewesen. Es seien genannt die Arbeiten von J. Stefan,[1] Dvořak,[2] Ditscheiner,[3])

Es soll hier über eine Erscheinung bei den Talbot'schen Streifen berichtet werden, die sehr leicht zu beobachten ist, aber wie es scheint, bisher noch nicht beschrieben ist. Bei der Leichtigkeit, mit der sich die Beobachtung dieser Erscheinung darbietet, erscheint es mir nicht ausgeschlossen,

1) J. Stefan, Pogg. Ann. **123.** 509. 164.

2) V. Dvořak, Pogg. Ann. **147.** 604. 1872.

3) L. Ditscheiner, Carl, Rep. V.

dass mir doch eine Arbeit, in der sie beschrieben ist, entgangen sein kann. Es handelt sich um folgendes:

Steht das Deckgläschen, wie gewöhnlich, vertikal, senkrecht zu dem auffallenden Spektrum, so stehen die Talbot-schen Streifen vertikal, parallel zu den Fraunhofer'schen Linien. Dreht man nun das Glasblättchen um eine horizontale in seiner Ebene gelegenen Axe, so dass also nun das Spektrum nicht mehr senkrecht auf das Blättchen fällt, so neigen sich die Talbot'schen Streifen, sie gehen schräg durch das Spektrum hindurch, unter einem bestimmten Winkel gegen die Vertikale. Es sei ein umkehrendes Fernrohr angenommen. Rot liege links, violett rechts. Der Sinn der Drehung der Streifen ist dann derartig, dass die Streifen von oben links nach unten rechts gehen, wenn das Blättchen so gedreht ist, dass seine untere Kante nach vorn, dem Auge zu, liegt. Im entgegengesetzten Fall ist auch die Neigung der Streifen umgekehrt. Je weiter das Blättchen gedreht wird, desto grösser wird die Neigung der Streifen gegen die Vertikale, und nähert sich einem bestimmten spitzen Winkel, je näher das Blättchen der horizontalen Lage kommt. Die Streifen bleiben einander annähernd parallel; ihr horizontaler Abstand verringert sich etwas.

Zur Erklärung dieser Erscheinung muss man auf den allgemeinen Ausdruck der Gangdifferenz des durch die Luft und des durch das Glas gehenden Strahles für beliebigen Einfallswinkel ϑ zurückgehen.

Der Wegunterschied, gemessen in Luft, ist

$$\gamma = D(\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta} - \cos \vartheta).$$

Auslöschung tritt ein, wenn 1) $\frac{D}{\lambda}(\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta} - \cos \vartheta) = \frac{2k+1}{2} = k'$. Zu einem bestimmten Einfallswinkel ϑ_o gehört zur Erfüllung der Gleichung 1) eine bestimmte Wellenlänge λ_o. Lässt man ϑ von ϑ_o aus etwas wachsen, d. h.

also, neigt man das Blättchen um einen kleinen Winkel $d\vartheta$, so wird $\sqrt{n^2 - sin^2\vartheta} - cos\vartheta$ grösser. Zur Erfüllung der Gleichung 1) muss also auch λ grösser werden, d. h. das Minimum rückt nach grösseren Wellenlängen. Nun fallen aber die Strahlen, die verschiedenen Punkten des Spaltes entsprechen, tatsächlich unter verschiedenem Winkel auf das Blättchen; den verschiedenen Punkten des Spaltes entsprechen verschiedene Werte von ϑ. Bei endlicher Länge des Spaltes muss demnach die beschriebene Erscheinung auftreten.

Ist das Blättchen so gedreht, dass sein unterer Rand nach dem Auge hin liegt, so fallen bei umkehrendem Fernrohr die dem höchstgelegenen Punkte des Spaltes entsprechenden Strahlen unter kleinerem Einfallswinkel ϑ auf das Blättchen, als die den tiefer liegenden Punkten des Spaltes entsprechenden Strahlen. Dem obersten Punkte des Spaltes (also dem unteren Rande des Spektrums) mögen die Werte ϑ_0 und λ_0 für eine bestimmte Auslöschungsstelle im Spektrum entsprechen. Für einen etwas tiefer gelegenen Punkt des Spaltes wächst ϑ, die Auslöschungsstelle muss sich also nach etwas grösserer Wellenlänge, nach Rot hin verschieben, wie es der Beobachtung entspricht.

Steht, wie bei der gewöhnlichen Betrachtung der Talbotschen Streifen, das Blättchen vertikal, ist also ϑ Null für den mittelsten Spaltpunkt, so ändert sich die Wegdifferenz $\gamma = D(\sqrt{n^2 - sin^2\vartheta} - cos\vartheta)$ nur ausserordentlich wenig, wenn man zu den benachbarten Strahlen übergeht, die etwas höher oder tiefer gelegenen Punkten des Spaltes entsprechen, so dass die Auslöschungsstelle λ_0 für alle Spaltpunkte fast genau dieselbe ist, d. h. die Streifen stehen vertikal. Dagegen ändert sich γ bei derselben Änderung $d\vartheta$ um so mehr, je grösser ϑ selbst ist. Die Drehung der Streifen muss also mit zunehmenden ϑ, mit wachsender Neigung des Blättchens gegen die Vertikale wachsen, im Einklang mit der Be-

obachtung. Es ist nämlich $\frac{d\gamma}{d\vartheta} = D \frac{d}{d\vartheta} (\sqrt{n^2 - sin^2\vartheta} - cos\,\vartheta)$ $= D\left\{sin\,\vartheta - \frac{sin 2\vartheta}{2\sqrt{n^2 - sin^2\vartheta}}\right\}$; also Null für senkrechte Inzidenz $\vartheta = 0$. Für $\vartheta = 90^0$, also horizontale Lage des Blättchens, wird $\frac{d\gamma}{d\vartheta} = D$. Der Winkel der Talbot'schen Streifen gegen die Vertikale nähert sich also einem endlichen Grenzwert, der von der Dispersion des Prismas etc. abhängt. Eine quantitative Prüfung lässt sich erhalten, wenn man die Winkelunterschiede $d\vartheta$, für welche für denselben Wert von λ Auslöschung eintritt, berechnet und mit der Beobachtung vergleicht. Es ist für zwei vertikal übereinanderliegende Interferenzpunkte

$$\gamma_1 = D(\sqrt{n^2 - sin^2\vartheta_1} - cos\,\vartheta_1) = \frac{2k_1 - 1}{2}\lambda$$

$$\gamma_2 = D(\sqrt{n^2 - sin^2\vartheta_2} - cos\,\vartheta_2) = \left(\frac{2k_1 - 1}{2} + 1\right)\lambda.$$

Für nicht zu kleine Werte von ϑ kann man schreiben

$$\gamma_2 = \gamma_1 + \frac{d\gamma}{d\vartheta} d\vartheta = \gamma_1 + D\,d\vartheta\left(sin\,\vartheta - \frac{sin 2\vartheta}{2\sqrt{n^2 - sin^2\vartheta}}\right).$$

Es wird also

$$\gamma_2 - \gamma_1 = D\left(sin\,\vartheta - \frac{sin 2\vartheta}{2\sqrt{n^2 - sin^2\vartheta}}\right) d\vartheta = \lambda$$

oder
$$d\vartheta = \frac{\lambda}{D} \frac{1}{sin\,\vartheta - \frac{sin 2\vartheta}{2\sqrt{n^2 - sin^2\vartheta}}}$$

In der folgenden Tabelle sind die beobachteten und die berechneten Werte von $d\vartheta$ für *Na*-Licht und eine Blättchendicke 0,17 mm zusammengestellt.

ϑ	$\Delta\vartheta$ beob.	$\Delta\vartheta$ ber.
10°	0,057	0,058
20°	0,036	0,035
30°	0,017	0,018
40°	0,012	0,012
50°	0,0080	0,0090
60°	0,0060	0,0067
70°	0,0048	0,0052
80°	0,0040	0,0041

Wie man sieht besteht genügende Übereinstimmung. Auf besondere Genauigkeit machen die Zahlen $d\vartheta_{\text{beob.}}$ keinen Anspruch.

Auch wenn $\vartheta = 0$ ist, also wenn, wie bei der gewöhnlichen Art der Beobachtung, die dem Mittelpunkt des Spaltes entsprechenden Strahlen senkrecht auf das Blättchen auftreffen, muss sich der Einfluss einer Änderung von ϑ auf die Lage der Interferenzstellen bemerkbar machen, wenn nur die Änderung von ϑ genügend gross, d. h. der Spalt genügend lang ist. In der Tat sind bei sehr langem Spalt die Talbot'schen Streifen nicht mehr im ganzen Gesichtsfeld vertikal, sondern konkav gegen das rote Ende des Spektrums wie es nach dem obigen sein muss.

Der horizontale Abstand der Streifen von einander wird mit wachsender Drehung des Blättchens kleiner.

Für zwei benachbarte Streifen bei den Wellenlängen λ_1 und λ_2 gilt

$$\frac{D}{\lambda_1}\left(\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta} - \cos\vartheta\right) = k + \frac{1}{2}$$

$$\frac{D}{\lambda_2}\left(\sqrt{-n^2 \sin^2\vartheta} - \cos\vartheta\right) = k + \frac{3}{2}$$

Subtraktion giebt

$$D(\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta} - \cos\vartheta)\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right) = -1,$$

wenn wir annehmen, dass die Änderung von n mit der Wellenlänge nicht in Betracht kommt. Es wird

$$D(\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta} - \cos\vartheta)(\lambda_1 - \lambda_2) = \lambda_1\lambda_2$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 \frac{1}{1 + \frac{\lambda_1}{D(\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta} - \cos\vartheta)}}$$

angenähert $\lambda_2 = \lambda_1\left(1 - \frac{\lambda_1}{D(\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta} - \cos\vartheta)}\right)$

$$\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\gamma_1} = \frac{1}{D(\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta} - \cos\vartheta)};$$

bei vertikaler Stellung des Blättchens sind demnach die Abstände der Streifen voneinander rund doppelt so gross als bei horizontaler.

II. Spektrale Zerlegung der Farben dünner Blättchen im durchgehenden Licht.

Betrachtet man ein Spektrum im Spektralapparat durch ein sehr dünnes (die ganze Pupillenöffnung bedeckendes) Glimmerblättchen, so ist das Spektrum von dunklen vertikalen Linien durchzogen, die der Interferenzerscheinung dünner Blättchen im durchgehenden Licht entsprechen.

Auch bei diesen Streifen tritt, wie bei den Talbot'schen Streifen, eine Drehung auf, wenn man das Glimmerblättchen um eine horizontale in seiner Ebene liegende Axe dreht.

Die Erklärung dieser Drehung ist im Prinzip genau dieselbe, wie für die analoge Erscheinung bei den Tabbot'schen Streifen. Die in Betracht kommende Wegdifferenz ist hier $\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta}$. Im Gegensatz zu dem vorigen Fall nimmt sie mit wachsendem ϑ ab. Demgemäss ist der Sinn der Drehung entgegengesetzt wie bei den Talbot'schen Streifen. Ferner besteht folgende Eigentümlichkeit.

Bei wachsender Drehung des Blättchens nimmt zunächst die Neigung der Streifen, die Entfernung aus der Vertikallage, zu. Sie erreicht dann aber ein Maximum bei einer bestimmten Neigung des Blättchens gegen die Vertikalebene. Bei weiterer Drehung des Blättchens nach der Horizontalebene hin nimmt der Winkel den die Streifen mit der Vertikalen, der Richtung der Fraunhofer'schen Linien, bilden, wieder ab; im Grenzfall, wenn das Blättchen horizontal liegt stehen die Interferenzstreifen wieder vertikal. Es ergiebt sich dies aus der Theorie folgendermassen:

Es ist $\frac{d\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta}}{d\vartheta} = -\frac{\sin 2\vartheta}{2\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta}}$. Die Wegdifferenz ändert sich also nicht mit ϑ für $\vartheta = 0^0$ und $\vartheta = 90^0$, d. h. wenn das Blättchen vertikal, und wenn es horizontal steht. Für die zwischenliegenden Werte von ϑ ändert sich $\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta}$ mit ϑ in endlichem Betrage. Die Änderung $\frac{d\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta}}{d\vartheta}$ ist ein Maximum für $\sin^2\vartheta = n(n - \sqrt{n^2 - 1})$.[1]) Dies giebt für $n = 1{,}5$ ungefähr $\vartheta = 49^0 12'$. Für diese Neigung des Blättchens ist also auch der Winkel, den die Interferenzstreifen mit der Vertikalen bilden, ein Maximum.

Für den horizontalen Abstand der Streifen von einander ergiebt sich angenähert $\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1} = \frac{1}{2D\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta}}$. Er wächst also ständig mit zunehmender Drehung des Blättchens, im Gegensatz zu dem Fall der Talbot'schen Streifen, wo er ständig abnimmt.

Bei horizontaler Lage des Blättchens ($\vartheta = 90^0$) sind die Abstände der Streifen von einander rund $1^1/_2$ mal grösser als bei vertikaler.

An einem ca. 0,02 mm dicken Glimmerblättchen zeigten sich diese Folgerungen qualitativ bestätigt.

1) Siehe die gleiche Rechnung bei O. Lummer, Wied. Ann. **23**. p. 49. 1884.

b) Die Dielektricitätskonstante des Schiefers.

Wie von Jannetaz[1]) gefunden, ist die Wärmeleitung von Schiefer in der Richtung der Spaltflächen grösser als in der dazu senkrechten Richtung; das Axenverhältnis der nach der Senarmont'schen Methode auf einer senkrecht zur Spaltrichtung geschnittenen Schieferplatte hergestellten Isothermenellipsen betrug bei einigen Schiefersorten ca. 1,8 bei anderen ca. 1,4. In dieser Beziehung verhält sich also der Schiefer wie ein einaxiger Krystall. Es liegt nahe anzunehmen, dass der Schiefer auch in bezug auf andere physikalische Eigenschaften sich wie ein einaxiger Krystall verhält. Es wurde dies geprüft an der Dielektricitätskonstante. Die Messung geschah nach der Methode von P. Drude[2]) mittels schneller elektrischer Schwingungen in der von W. Schmidt[3]) angegebenen Modifikation. Die Platten von den Dimensionen $30 \times 10 \times 1{,}40$ mm waren aus einem homogenen Block von Tonschiefer aus England herausgeschnitten. Die benutzte Schwingungszahl betrug ungefähr $\nu = \frac{10^7}{sec}$.

Es fand sich:

Dielektricitätskonstante des Schiefers

in der Spaltungsrichtung: 7,37

senkrecht zur Spaltungsrichtung: 6,60

In der Richtung der Spaltbarkeit ist also sowohl Dielektricitätskonstante wie Wärmeleitfähigkeit grösser als senkrecht dazu. Es entspricht dieses Verhalten demjenigen der meisten einaxigen Krystalle, soweit gleichzeitig Wärmeleitung und Dielektricitätskonstante bekannt sind, was allerdings erst für wenige Krystalle der Fall ist.

Die folgende Tabelle giebt diese Zusammenstellung; zur Vervollständigung ist auch noch das optische Verhalten eingetragen. (Die Angaben über das dielektrische Verhalten sind

1) Jannetaz, Comptes Rendus **81**. p. 1254. 1875.

2) P. Drude, Wied. Ann. **61**. p. 466. 1897.

3) W. Schmidt, Ann. d. Phys. **9**. p. 919. 1902.

sämtlich den sorgfältigen Versuchen von W. Schmidt entnommen.) Auch Holz hätte noch als eine Bestätigung der Regel in die Tabelle aufgenommen werden können. Auch hier ist in Richtung der Faser sowohl Dilektricitätskonstante als auch Wärmeleitfähigkeit grösser als senkrecht dazu. Jedoch bestehen hier auch Unterschiede an einem Hirnschnitt in radialer und peripherer Richtung,[1]) so dass man Holz zu den zweiaxigen Krystallen zu zählen hat.

Substanz	dielektrisch	thermisch	optisch
Schiefer	neg	neg	—
Quarz	pos	pos	pos
Rutil	pos	pos	pos
Turmalin	neg	neg	neg
Dolomit	neg	neg	neg
Eisenspat	neg	neg	neg
Zirkon	(neg)	pos	pos
Kalkspat	neg	pos	neg
Beryll	neg	pos	neg

Es besteht also in der Mehrzahl der Fälle Übereinstimmung im dielektrischen und thermischen Verhalten. Ausnahmen bilden Zirkon, Kalkspat, Beryll. Bei Zirkon unterscheiden sich die beiden Dielektricitätskonstanten nur um ca. 1 %, so dass hier vielleicht Verunreinigungen etc. das Resultat beeinflussen können. Kalkspat und Beryll sind aber wohl als direkte Ausnahmen zu bezeichnen.

Im hiesigen Institut wurde von Herrn E. Badior nach der Methode von Röntgen an demselben Schiefer das Axenverhältnis der Isothermenellipse zu 1,4 : 1 gefunden. Die elektrische Absorption war in dem Schiefer nicht erheblich; sie war etwas grösser, wenn die elektrische Kraft parallel zur Schieferung ging, als wenn die Kraftlinien senkrecht zur Schieferungsrichtung lagen.

1) F. Ulmer, Inaug.-Diss. Berlin, 1907.

In der Sitzung vom 11. Juli 1906 sprach Herr W. Feussner:

Ueber einen Interferenzmessapparat und eine damit von Herrn Dr. E. Schmitt ausgeführte Untersuchung.

Der Vortragende führte den nach seinen Angaben von der Firma Carl Zeiss in Jena ausgeführten, zu möglichst vielseitigen Beobachtungen und Messungen von Interferenzerscheinungen besonders an dünnen Blättchen bestimmten Apparat vor, erläuterte seine Wirkungsweise und Gebrauch und berichtete sodann über eine Untersuchung, welche Herr Eugen Schmitt unter seiner Leitung mit demselben über die Interferenzstreifen bei keilförmigen Blättchen und ihre Anwendung zur Dickenbestimmung dünner Schichten angestellt hat.

Der Apparat ist im Wesentlichen folgendermassen beschaffen. Auf drei Füssen ruht eine kräftige Grundplatte aus Eisenguss, welche einen in ganze Grade geteilten messingenen Teilkreis, den Limbus, trägt, in dem sich ein zweiter, mit Nonien versehener Kreis, die Alhidade, drehen lässt. An den Nonien sind unmittelbar drei Minuten abzulesen. Die Mitte der Grundplatte und der beiden Messingkreise ist durch eine kreisförmige Oeffnung durchbrochen, deren Durchmesser bei den letzteren etwa 75 Millimeter beträgt, und um welche in gleichen Entfernungen vom Mittelpunkt drei feine Mikrometerschrauben so angeordnet sind, dass sie die Ecken eines gleichseitigen Dreiecks bilden. Auf die nach oben gerichteten Spitzen dieser Schrauben kann eine gut eben geschliffene geschwärzte Messingplatte von 70 Millimeter Durchmesser und 5 Millimeter Dicke aufgelegt werden, auf deren Rückseite eine kreisförmige Furche eingedreht ist, in welche die Schrauben eingreifen. Auf diese Messingplatte wird entweder unmittelbar oder mit einer ge-

eigneten Unterlage das zu beobachtende dünne Blättchen so aufgelegt, dass seine obere Fläche mit der Ebene des Limbus und der Alhidade zusammenfällt. Wenn die dünne Schicht durch zwei Platten gebildet wird, kann auch die eine festgelegt werden, während die andere von den drei Schraubenspitzen getragen, gegen sie beweglich ist. Die feste kann auch durch eine Flüssigkeitsoberfläche ersetzt werden. Die Grundplatte ist an zwei entgegengesetzten Stellen mit nach oben gerichteten Backen versehen, auf welche zwei sehr gut abgedrehte Stahlkegel so aufgesetzt sind, dass ihre Achsen in der Ebene des Limbus und in der Richtung eines Durchmessers desselben liegen. Diese Stahlkegel bilden die Drehungsachse für einen gabelförmigen Arm, auf dem Diaphragmen oder Linsen, beziehungsweise ein leichtes Fernröhrchen so angebracht werden können, dass die Gesichtslinie auf den Mittelpunkt des Limbus gerichtet ist. Mit der Drehung des Arms ändert sich die Neigung der Gesichtslinie und kann an einem Verticalkreis auf drei Minuten genau abgelesen werden. Das Instrument ist auch zum Umlegen eingerichtet, so dass dann die Einfallsebene des Lichts wagrecht liegt, und man die Erscheinungen leicht aus grösserer Entfernung beobachten kann, als die beschränkte Länge des Arms sonst gestattet.[1])

Dieses Instrument hat Herr Dr. E. Schmitt zur Prüfung der von mir früher aufgestellten Formel für die Richtung der Interferenzstreifen keilförmiger Blättchen[2]) und ihrer Anwendbarkeit zur Dickenbestimmung solcher Schichten[3]) benutzt.

Bezeichnen wir als „Einfallsebene" die durch die Gesichtslinie, d. h. die Achse des auf das Blättchen gerichteten Beobachtungsinstruments (Linse mit Schirm, Fernrohr oder blosses

---

1) Vergl. die Beschreibung und Abbildung des Instruments im Handbuch der Physik. Herausg. v. A. Winkelmann, 2. Aufl. Bd. VI, S. 971.

2) Sitz.-Ber. der Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. zu Marburg 1880, S. 21. Wiedem. Ann. 14, 558, 1881.

3) Sitz.-Ber. d. Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. zu Marburg 1903, S. 76.

Auge) und die Normale auf die Vorderfläche des Blättchens bestimmte Ebene, nennen wir ψ den Winkel der Interferenzstreifen auf dem Schirm oder der Netzhaut des Auges mit der Einfallsebene, positiv gerechnet im Sinn einer Drehung von der Linken zur Rechten um die vom Blättchen zur Linse gehende Achse, b die Entfernung der Linse (bezw. des Auges) vom Blättchen, α den Winkel zwischen Blättchennormale und Gesichtslinie, n das Brechungsverhältnis des Blättchens, ϑ den Neigungswinkel seiner beiden Flächen gegeneinander, φ den Winkel, welchen die Ebene dieses Neigungswinkels mit der Einfallsebene bildet, endlich D die Dicke des Blättchens an der Stelle, wo die Gesichtslinie es trifft, dann ist die Richtung der Streifen gegeben durch die Gleichung

$$(1) \qquad tg\,\psi = \frac{sin\,2\,\alpha}{2\,(n^2 - sin^2\alpha)\,b\,sin\,\varphi}\,\frac{D}{\vartheta} - \frac{cos\,\alpha\,sin\,\varphi}{cos\,\varphi}$$

Bei den Beobachtungen des Herrn Dr. Schmitt wurden mit Rücksicht auf ihre Anwendung zur Dickenbestimmung die Blättchen immer so gelegt, dass die Keilkante der Einfallsebene parallel verlief, dann ist $\varphi = \frac{\pi}{2}$ oder $\frac{3\pi}{2}$, und die obige Gleichung wird:

$$tg\,\psi = \frac{sin\,2\,\alpha}{2\,(n^2 - sin^2\alpha)\,b}\,\frac{D}{\vartheta}.$$

Nun wurde aber auch die Abweichung der Streifen von der Einfallsebene nicht auf dem Schirm bezw. der Netzhaut, sondern in der Ebene des Blättchens selbst gemessen. Bezeichnen wir sie hier mit ψ', so ist

$$(2) \quad tg\,\psi' = \frac{sin\,\alpha\,cos^2\alpha}{(n^2 - sin^2\alpha)\,b}\,\frac{D}{\vartheta} \quad \text{oder} \quad D = b\,\vartheta\,\frac{n^2 - sin^2\alpha}{sin\,\alpha\,cos^2\alpha}\,tg\,\psi'$$

was für Luftschichten ($n = 1$) in

$$(2\,a) \qquad tg\,\psi' = \frac{sin\,\alpha}{b}\,\frac{D}{\vartheta} \quad \text{oder} \quad D = \frac{b\,\vartheta}{sin\,\alpha}\,tg\,\psi'$$

übergeht.

Zu den Versuchen wurden vier von C. Zeiss in Jena bezogene Glasplatten und eine Luftschicht benutzt, die sich Herr Schmitt selbst herstellte. Die Glasplatten waren rund, ungefähr 30 Millimeter im Durchmesser, hatten vollkommen eben geschliffene Flächen, ihre Dicke in der Mitte lag zwischen etwa 0,24 und 1,17 Millimeter und die Neigungswinkel der drei dünnsten betrugen nahe 2, der der dicksten nicht ganz 0,8 Minuten. Die Luftplatte wurde durch zwei unter Zwischenschiebung passender Staniolstreifen übereinandergelegte planparallele Glasplatten gebildet, ihre Dicke in der Mitte betrug etwa $^1/_{20}$ Millimeter, ihr Neigungswinkel nicht ganz $1^1/_2$ Minuten. Die Beleuchtung geschah hauptsächlich mit einer Quecksilberbogenlampe aus Quarzglas von Heraeus in Hanau oder mit einer Natriumflamme.

Die Platten wurden in den beschriebenen Interferenzmessapparat so eingelegt, dass die Ebene ihres Neigungswinkels senkrecht zur Einfallsebene war, was dadurch hergestellt wurde, dass die Interferenzstreifen, oder wenn diese gekrümmt waren, ihre Tangenten im Mittelpunkt des Blättchens dem in die Einfallsebene gedrehten, an der Alhidade befestigten Draht bei senkrechter Betrachtung von oben parallel gestellt wurden. Es wurde dann durch Neigung des Arms des Instruments der Einfallswinkel, unter dem beobachtet wurde, von 5 zu 5 Grad vergrössert, dadurch änderte sich die Richtung der Streifen, die Alhidade wurde gedreht bis der Draht ihnen wieder parallel stand und der Drehungswinkel ψ' abgelesen. So wurde fortgefahren bis die Streifen aufhörten sichtbar zu sein. Dann wurde die Platte um 180 Grad gedreht und ein neuer Satz von Beobachtungen in der gleichen Weise wie die vorigen ausgeführt. Für jede Platte wurden sowohl für Quecksilberlicht wie für Natriumlicht bei den Entfernungen b des Diaphragmas von 400 und von 100 Millimeter je vier solcher Sätze durchgemessen, nur bei der dicksten Glasplatte konnte für Natriumlicht und $b = 100$ mm keine Beobachtung ausgeführt werden, weil die Streifen schon

bei $\alpha = 15^0$ nicht mehr sichtbar und bei den kleineren Einfallswinkeln zu stark gekrümmt waren, um eine sichere Einstellung zuzulassen.

Aus diesen Beobachtungen wurden nun für jede Platte die Mittelwerte der Drehungswinkel ψ' für alle Einfallswinkel α und die beiden Entfernungen b des Auges abgeleitet und die zugehörigen wahrscheinlichen Fehler bestimmt. Diese Werte wurden mit den nach Formel (2) bezw. (2a) berechneten verglichen. Dem Begriff des wahrscheinlichen Fehlers gemäss ist eine Formel dann als durch die Beobachtung bestätigt anzusehen, wenn etwa die Hälfte der Unterschiede zwischen Beobachtung und Rechnung kleiner, die Hälfte grösser als die wahrscheinlichen Fehler sich ergeben. Herr Schmitt fand bei dieser Vergleichung in 67 Fällen die Abweichungen kleiner, in 72 Fällen grösser als die wahrscheinlichen Fehler. Das bedeutet eine Bestätigung der Formeln durch die Beobachtung, wie sie schärfer nicht erwartet werden kann. Bezüglich der Einzelheiten muss ich auf die Dissertation verweisen sowie auf eine Bearbeitung, die demnächst in den Annalen der Physik erscheinen wird.

Herr Schmitt hat auch einige Beobachtungen über die Gestalt der Streifen angestellt, die bei einigermassen dicken keilförmigen Platten sehr erheblich von der graden Linie abweicht.

Diese Krümmung der Streifen kann ebenso wie ihre Abweichung von der zur Keilkante parallelen Lage aus einer elementaren Betrachtung gefolgert werden, wozu wir den Grundgedanken Herrn Professor Richarz verdanken. Um zuerst die Notwendigkeit der Drehung der Streifen zu zeigen, denken wir uns die Platte in der Lage wie sie bei den Beobachtungen des Herrn Schmitt benutzt wurde, d. h. so, dass die Keilkante der Einfallsebene des Lichts parallel liegt. Dann laufen bei senkrechter Betrachtung die Streifen von der Lichtquelle gerade auf den Beobachter zu, bei schiefer Betrachtung aber drehen sie sich, und zwar so, dass das vom

Beobachter entferntere Ende nach der dickeren Seite der Platte verschoben wird. Das erklärt sich folgendermassen. In den Punkten desselben Streifens haben die interferierenden Strahlen den gleichen Gangunterschied Δ. In erster Annäherung ist aber

$$\Delta = 2D\sqrt{n^2 - sin^2\alpha} \text{ oder } = 2nD cos r,$$

wenn r den Brechungswinkel in der Platte bedeutet. Gehen wir nun bei schiefer Betrachtung von einem Punkt eines Streifens parallel der Keilkante ein Stück fort, so dass der Einfallswinkel wächst, so wächst auch r, der $cos r$ nimmt also ab, während D unverändert bleibt, es hat also hier Δ abgenommen, und damit wir an einen Punkt von ungeändertem Gangunterschied gelangen, müssen wir uns zu einer dickeren Stelle der Platte wenden. Eine ganz ähnliche Überlegung zeigt, dass bei senkrechter Betrachtung der Platte sowohl nach der Seite der Lichtquelle hin als in entgegengesetzter Richtung eine Biegung der Streifen nach der dickeren Plattenseite eintreten muss, nur ist in der Nähe von $r = o$ die Änderung des Cosinus sehr gering, so dass die Abweichung der Streifen bei kleinen D unmerklich wird.

Zu berechnen ist die Gestalt der Streifen mit Hülfe der kleinen Glieder der dritten Ordnung in dem Ausdruck für den Gangunterschied zweier interferierender Strahlen, die ich für den allgemeinen Fall abgeleitet habe.[1]) Führen wir in sie die für unsern besonderen geltenden Werte

$$\alpha = 0^0, \ \varphi = 90^0$$

ein, so vereinfachen sie sich sehr, und wir bekommen als Gleichung unserer Streifen auf dem Schirm (der Netzhaut)

$$n^2 b\vartheta \cdot \zeta + \frac{D}{c}(\eta^2 + \zeta^2) = Const$$

worin η und ζ ihre Coordinaten bedeuten und c die Entfernung des Schirms von der Linse. Sie bilden con-

1) Sitz.-Ber. d. Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. zu Marburg 1882, S. 6.

centrische Kreise, deren Mittelpunkt von dem der Platte aus um die Strecke $n^2 \frac{bc}{D} \vartheta$ senkrecht zur Keilkante nach der dickeren Plattenseite hin entfernt liegt. Für den Halbmesser des Kreises, der durch die Mitte des Blättchens geht, ergibt sich also in der Ebene des letzteren gemessen der Wert

$$\frac{n^2 b^2}{D} \vartheta.$$

Herr Schmitt hat ihn an den vier Glasplatten gemessen und gute Uebereinstimmung mit der Rechnung gefunden.

Schliesslich untersuchte Herr Schmitt die günstigsten Bedingungen für die Dickenbestimmungen keilförmiger Schichten. Für Glasplatten ergab sich, dass der Einfallswinkel am besten nach der Formel

$$sin^2 \alpha = \frac{3n^2 - 1}{2} - \sqrt{\frac{(3n^2 - 1)^2}{4} - n^2}$$

bestimmt wird. Das ergibt einen Winkel von etwa 40 Grad. Die Entfernung des beobachtenden Auges oder Instruments vom Blättchen wird am besten gleich $1/5$ der Entfernung der Keilkante von der betrachteten Stelle gewählt. Als wahrscheinlicher Fehler ergibt sich dann ungefähr $1/2$ Prozent der Blättchendicke. Bei Luftschichten würde nach den Formeln der Einfallswinkel am besten möglichst gross genommen, doch empfiehlt sich aus praktischen Gründen ein Winkel von etwa 60 Grad.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 6 Juli 1907

In der ordentlichen Sitzung vom 10. Juli sprach Herr Prof. Disse

„Ueber die Bildung des Zahnbeins“

(mit 2 Abbildungen im Text)

Das Zahnbein (Elfenbein, Dentin) ist hinsichtlich seiner physicalischen Eigenschaften, Härte, Festigkeit, Elasticität, dem Knochengewebe ähnlich; es besitzt, wie dieses, eine verkalkte Grundsubstanz, die von Zügen leimgebender Fibrillen durchsetzt wird. Während aber das Knochengewebe ein System zusammenhängender, gefässführender Canälchen besitzt — die Havers'schen Canälchen — und ausserdem von den Knochenlücken und den Knochencanälchen — feinsten, saftführenden und Zellen umschliessenden Räumen — durchzogen wird, finden wir das Dentin für gewöhnlich frei von Blutgefässen, sowie von Zellen und Saftlücken; es wird aber das Zahnbein von zahlreichen, engen, parallel laufenden Canälen, den Dentincanälchen, durchbohrt, die an der inneren Oberfläche des Dentins beginnend die ganze Lage durchsetzen, sich einigemale teilen, im ganzen Verlauf feine Seitenzweige abgeben und teils in der äussersten Schicht des Dentins, teils erst in dem darüber liegenden Schmelzüberzug endigen.

Die zwischen den Canälchen gelegene Grundsubstanz erscheint homogen; sie wird aber wie v. Ebner zuerst nachgewiesen hat, von Fibrillen durchzogen, die im Allgemeinen der Oberfläche des Zahns parallel verlaufen.

Jedem Dentincanälchen kommt eine dünne, von der Grundsubstanz verschiedene, sehr widerstandsfähige Wandung zu — die Neumann'sche Zahnscheide; das Canälchen enthält eine lange, feine, die Lichtung nicht ganz ausfüllende Faser, die Zahnfaser, welche der Fortsatz einer Zelle ist. Die Zellen, die Dentinzellen (Odontoblasten, Elfenbeinzellen) welche ihre Ausläufer in die Zahncanälchen entsenden, liegen ähnlich einem Epithel der Innenfläche der Dentinschicht an; sie sind nicht nur im ausgebildeten Zahn vorhanden, sondern sie gehören zum Dentin in jedem Stadium seiner Entwicklung. Sobald Dentin vorhanden ist, findet man diese Dentinzellen an der inneren Fläche der Dentinlage vor; es gibt kein Dentin ohne Dentinzellen. Bis in die neueste Zeit ist es als sichergestellt erachtet worden, dass die Bildung der Dentinlage an die Dentinzellen geknüpft ist, und dass das Dickenwachstum des Dentins auf die Thätigkeit der Dentinzellen zurückgeführt werden muss.

Es konnte aber nicht angegeben werden, wie die näheren Vorgänge bei der ersten Bildung und bei dem Wachstum des Dentins sich gestalten. Die Frage, ob sich das Zellprotoplasma direkt in Dentin umwandelt, oder ob das Dentin in einer von den Zellen ausgeschiedenen Schicht entsteht, blieb ungelöst. Das Dentin gehört zu den „Grundsubstanzen" der Bindegewebsgruppe; die Herkunft dieser „Grundsubstanz", und ihre Beziehung zu den geformten Elementen, die innerhalb der Grundsubstanz auftreten, ist auch heutzutage schwierig zu erkennen, und strittig ist bis jetzt die Frage, ob die in der Grundsubstanz auftretenden Faserzüge z. B. die Fibrillen des Bindegewebes, lediglich der Grundsubstanz angehören, oder ob sie in den Zellen entstehen und von diesen aus in die Grundsubstanz gelangen. Bei dieser Sach-

lage darf es nicht Wunder nehmen, dass die Beteiligung der Dentinzellen an der Bildung der Grundsubstanz des Dentins nebst den in ihr gelegenen Fibrillen bestritten wird; v. Korff (1) hat in neuester Zeit die Ansicht verfochten, dass die Dentinzellen nichts mit der Bildung der Grundsubstanz des Zahnbeins zu tun haben, sondern dass diese lediglich auf Rechnung der Zahnpulpa zu setzen ist. Zwischen den Dentinzellen treten aus der Pulpa kommende Faserzüge auf, die bis an die Basalmembran des Schmelzorgans reichen; diese Fasern, die sich an der Aussenfläche der Dentinzellen zu einer fein fibrillären Lage verbinden, liefern die Grundsubstanz des Dentins. Die Fibrillen werden direkt zu den Fibrillenzügen des Zahnbeins. Den Dentinzellen kommt höchstens die Aufgabe zu, die Zahnfaser, vielleicht auch die Zahnscheide, zu bilden; sie liefern ein Röhrensystem, in welchem die aus der Pulpa kommenden Nährflüssigkeit für das Dentin circulieren kann.

Nun kann die Existenz der durch v. Korff entdeckten Fasern, die von der Pulpa aus zwischen die Dentinzellen eindringen, nicht bestritten werden. Die Anerkennung der Tatsache schliesst aber noch nicht die Anerkennung der Deutung ein, die v. Korff seinem Befunde gegeben hat. Die „Korff'schen Fasern“ haben einen anderen Verlauf, wie die Fibrillen der Grundsubstanz des Dentins; diese Fibrillen verlaufen senkrecht zur Richtung der Dentincanälchen, die Korff'schen Fasern verlaufen den Canälchen parallel. Die Fibrillen des Dentins haben nicht den geringsten Zusammenhang mit den Faserzügen der Pulpa; die Korff'schen Fasern kommen aus der Pulpa heraus. Die Dentinfibrillen geben beim Kochen Leim, die Korff'schen Fasern sind nicht leimgebend. Nach solchen Erwägungen kommt v. Ebner (2) zu dem Schluss, dass die Korff'schen Fasern mit der Bildung der Grundsubstanz des Zahnbeins nichts zu tun haben können.

Mit einer Reihe von Einwürfen gegen diese neueste Theorie ist nun aber die Aufgabe, die Bildung der Zahnbein-

grundsubstanz klarzustellen, nicht gelöst; wir müssen fragen: wenn das Dentin, Grundsubstanz und Fibrillen, nicht von Seiten der Pulpa gebildet wird, wenn die Korff'schen Fasern nicht zu Dentin werden, wie entsteht dann das Dentin eigentlich?

Diese Frage habe ich an den Milchzähnen menschlicher Embryonen zu lösen versucht und gebe hier Nachricht über die Resultate dieser Untersuchung.

Das Material entstammt Embryonen des 5. Monats; es war in Müller'scher Lösung fixirt, in verdünnter Salzsäure entkalkt, und Jahre hindurch in Alcohol aufbewahrt. Die zur Untersuchung verwendeten Stücke des Unterkiefers wurden im Stück in Haemalaun vorgefärbt, in Paraffin eingebettet, in feine Schnitte zerlegt (5—8 μ) und auf dem Objectträger nachgefärbt. Die dazu verwendete Lösung hatte die Zusammensetzung: Rubin S 1.0, Orange 0.5, 95% Alcohol 90.0, Glycerin 10.0. Dauer der Färbung 1 Minute; Abspülen in 95% Alcohol, Entwässern, Oleum Origani, Balsam.

Bei diesem Verfahren färbt sich die Pulpa rot, während die Kerne der Pulpazellen und der Odontoblasten blau werden; die jüngste Dentinlage wird carminrot, das bereits verkalkte Dentin färbt sich orange. Es ist das eine Färbung, welche die in der Grundsubstanz auftretenden Structuren im fibrillären Bindegewebe, sowie auch bei der Knochenbildung in Membranen ausgezeichnet deutlich macht. Deshalb wurde von der Anwendung anderer Färbungen abgesehen.

Man kann nun mit Hülfe der genannten Technik Präparate erhalten, die sowohl über die Bildung der Grundsubstanz des Zahnbeins, als auch über die Entstehung der Zahnscheiden Aufschluss geben.

1. Die Bildung der Grundsubstanz des Dentins muss man da untersuchen, wo die Ablagerung des Zahnbeins beginnt. Das ist der der Basis der Zahnpapille zugekehrte freie Rand der Dentinlage, die wie eine Kappe der Zahn-

papille aufsitzt, und sich zwischen die Pulpa und das innere Epithel des Schmelzorgans einschiebt. (Vgl. Fig. 1.)

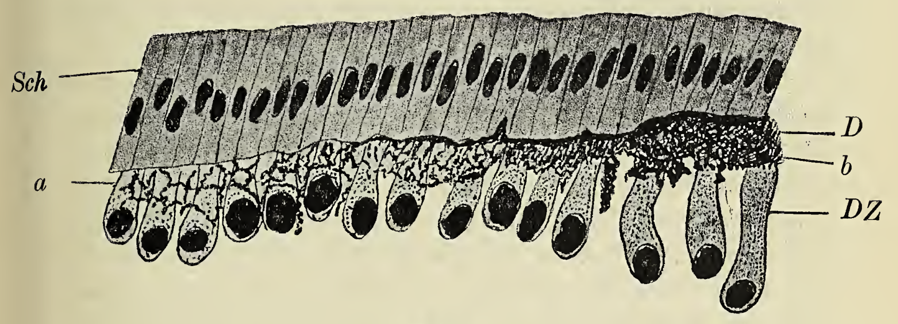


Fig. 1.
Menschlicher Schneidezahn, Längsschnitt des freien Randes der Dentinlage. Zeiss. homogene Imm. $^1/_{12}$ Oc. 3. *D* Dentin; *a* bezeichnet den nach der Basis der Papille gewendeten, *b* den nach der Spitze sehenden Rand. *Sch* Inneres Epithel des Schmelzorgans; *DZ* Dentinzellen.

Wir finden hier, von Innen nach Aussen vorschreitend 1) Eine einfache Lage grosser Dentinzellen *(DZ)* 2) die dünne Dentinlage *D*, von *a* nach *b* an Dicke zunehmend; 3) Die innere, aus hohen Cylindern bestehende Lage des Schmelzepithels (*Sch*) die sich gegen das Dentin durch eine Basalmembran abgrenzt.

Das Dentin ist nur eine Strecke weit, in der Nachbarschaft von *b*, als zusammenhängende, compakte Lage entwickelt, mit welcher 3 Dentinzellen zusammenhängen (Die Figur ist vermittelst des Abbe'schen Zeichenapparats entworfen, und gibt alle Zellen wieder, die bei der gleichen Einstellung sichtbar sind); sie erscheint von da ab als ein Netzwerk ungleich dicker, körniger, lebhaft gefärbter Fäden, von dem aus hie und da gröbere, zacken- und nadelförmige Fortsätze zwischen die Dentinzellen eindringen. An diesen Fortsätzen sieht man gleichfalls eine Zusammensetzung aus Körnchen. Nach der Basis der Papille hin wird das Netzwerk weit-

maschiger; es umgreift die einzelnen Zellen, aber vornehmlich den äusseren Abschnitt, der bis an die Basalmembran des Schmelzepithels reicht, während der innere, den Kern umschliessende Abschnitt der Dentinzelle von dem Netz nicht berührt wird. (Fig. 1, bei *a*.)

Dieses Netzwerk liegt, wie die Abbildung deutlich zeigt, zwischen den Dentinzellen; es gehört der Intercellularsubstanz an. Wenn man eine Hauptrichtung der Fasern innerhalb des Netzwerkes angeben wollte, so wäre diese der Oberfläche der Pulpa parallel, senkrecht zur Längsaxe der Dentinzellen. Aber, es muss wiederholt werden; es handelt sich nicht um glatte, gleichmässig dicke Fasern, es handelt sich um Körnchen, die zu Fäden aneinander gereiht sind. Mit den fädigen Elementen der Pulpa, besonders mit den langen Ausläufern der Pulpazellen, hat das beschriebene Netz keinerlei Zusammenhang. Es fehlen in diesem Stadium überhaupt die Korff'schen Fasern: da die untersuchten Zähne in Schnittserien zerlegt wurden, wären die so prägnant hervortretenden Bildungen sicherlich gefunden worden, wenn sie an dieser Stelle dagewesen wären.

Das rot gefärbte Netzwerk wird engmaschiger, und erscheint schon in geringer Entfernung von dem Ort seines ersten Auftretens als compakte Lage, die ohne Zweifel als Dentin erklärt werden muss. Wir haben in dem Netzwerk die erste Anlage dieser Substanz vor uns. Das Dentin entsteht also intercellulär; es erscheint in Foım von Fäden und von Nadeln, die aus feinen Körnchen bestehen. Es ist von Wichtigkeit, sich zu erinnern, dass auch die erste Anlage der Fibrillen des Bindegewebes und die erste Anlage der osteogenen Substanz, die die Deckknochen des Schädels und des Gesichts liefert, aus Fäden besteht, die sich in Rubin *S* lebhaft färben, aus Reihen von Körnchen entstehen, und intercellulär gelegen sind. Die Körnchen bilden sich zuerst in der unmittelbaren Nachbarschaft von Zellen, und liegen den Zellen auf, erscheinen aber auch bald innerhalb der

Grundsubstanz weiter von den Zellen entfernt. (Vergl. die Untersuchungen von Golowinski (3). Charakteristisch für das Dentin und auch für das osteogene Gewebe, ist die Netzbildung der Fäden; die Fäden verbinden sich, sie kreuzen sich nicht nur.

Mit den Fibrillen des Dentins hat die Netzform der ersten Anlage des Dentins noch nichts zu tun; zunächst wird das junge Dentin compakt und ist homogen. Die Dentinzellen bleiben nun bei der ersten Bildung des Dentins keineswegs passiv; sie weisen charakteristische Veränderungen auf. Jede Dentinzelle zerfällt in zwei Zonen, eine innere und eine äussere. Die innere Zone besteht aus einem dichten, in Rubin *S* sich lebhaft färbenden Protoplasma, das den grossen, chromatinreichen, kugligen Kern umschliesst. Der Kern liegt durchweg im inneren, der Pulpa zugekehrten Ende der Zelle. Im Gegensatz zu dieser inneren, voluminöseren Zone steht eine äussere die etwa die periphere Hälfte der Zelle begreift. Hier ist der Durchmesser der Zelle kleiner, das Protoplasma ist nicht scharf begrenzt, färbt sich schwach, sieht mehr homogen aus; die äussere Zone hebt sich sehr deutlich von der inneren ab. Zwischen den äusseren Abteilungen der Dentinzellen aber liegt das Netzwerk, das in die Dentinlage sich fortsetzt; wir werden nicht fehl gehen, wenn wir das veränderte Aussehen, die verminderte Färbbarkeit, die Verschmälerung der Zelle auf Rechnung der Produktion einer Intercellularsubstanz setzen, welche die Fähigkeit hat, zu Dentin zu werden. Denn, es tritt Dentin nur da auf, wo Dentinzellen liegen; es tritt zuerst nur zwischen den äusseren Hälften dieser Zellen auf.

Der Nachweis der ersten Dentinanlage gelingt aber nur durch die erwähnte Färbung; andere Färbungen auf Fasern, z. B. die Combination von Haematoxylin und Phosphormolybänsäure nach Mallory, heben die Dentinanlage nicht hervor, sondern verwischen sie.

2. Die Bildung der Zahnscheiden.

Die zuerst gebildete, äussere Lage des Zahnbeins ist compakt; erst die inneren später entstandenen Schichten, die sich nach und nach anlagern, werden von Canälchen durchbohrt, den Zahncanälchen. Diese erscheinen von Anfang an als enge Röhren mit einer selbständigen Wandschicht; die Wandung färbt sich in Rubin *S* rot, und grenzt sich dadurch gegen die Grundsubstanz des Zahnbeins ab. (Fig. 2, *W*) Wie schräge Flächenschnitte zeigen, liegen in der unmittelbaren Nähe der Dentinzellen, also in der jüngsten Dentinlage, die Canälchen dicht aneinander (Fig. 2*a*) sie sind weit, besitzen den Durchmesser einer Dentinzelle, 0,007 bis 0,008 mm, und umschliessen die äusseren Abschnitte der Dentinzellen (Fig. 2*a Z*). Näher dem Schmelz haben die Dentincanälchen nur noch einen Durchmesser von 0,0036 mm; sie werden von einander durch eine homogene Lage von Grundsubstanz getrennt, und enthalten die feinen Zahnfasern, die nur die centralen Abschnitte der Canälchen einnehmen, sodass neben ihnen viel Raum bleibt (Fig. 2*b*).

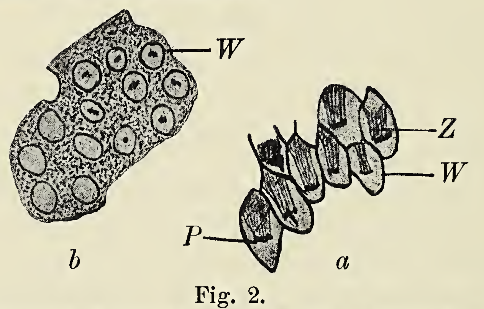


Fig. 2.

Mensch, embryonaler Molarzahn. Schräger Flächenschnitt durch die Dentinlage. *a* innerster, weiter Abschnitt der Zahncanälchen; *b* Zahncanälchen in der Mitte der Dentinschicht. *W* Wandung der Zahncanälchen (Zahnscheide) *Z* der äussere Abschnitt einer Dentinzelle, der von der Zahnscheide umfasst wird; er wird durch die Platte *P* abgeschlossen. Zeiss. homogene Imm. $^1/_{12}$ Oc. 3. Abbe'scher Zeichenapparat.

Die Zahncanälchen beginnen also mit weitem Abschnitt in der unmittelbaren Nähe der Dentinzellen, und werden hier

durch wenig Grundsubstanz von einander getrennt; sie verjüngen sich auf die Hälfte ihres ursprünglichen Durchmessers, und dabei tritt zwischen ihnen mehr Grundsubstanz auf. In den weiten Abschnitt eines jeden Canälchens ragt eine Dentinzelle hinein, und füllt mit ihrem äusseren Abschnitt das Canälchen unvollständig aus. Gelegentlich kann man beobachten, dass die Zahnscheide bis auf die innere Zone der Dentinzelle reicht, und hier in Berührung mit dem Protoplasma aufhört; ihr Anfangsstück verhält sich wie eine, der äusseren Zone der Dentinzelle zukommende Zellmembran. Das von ihr umschlossene Stück der Dentinzelle besteht aus verändertem Protoplasma; und dieses wird an der Endfläche durch eine Platte begrenzt, welche aus stark färbbaren Körnchen zusammengesetzt erscheint (Fig. 2*a P*). Von der aus der Zelle herauskommenden Zahnfaser wird die Platte durchsetzt.

Jede Zahnscheide steht also in ganz naher Beziehung zu einer bestimmten Dentinzelle; sie berührt deren Aussenfläche, und trennt sie von der zwischen den Zellen befindlichen Substanz. Erst wenn die Dentinlage eine bestimmte Dicke besitzt, beginnt die Bildung der Zahnscheide. Für diese kann nur die betreffende Dentinzelle in Betracht kommen. Die Zahnscheide verhält sich zu dieser Zelle, wie die Wandschicht einer Knorpel- oder Knochenhöhle zu der darin liegenden Knorpel- oder Knochenzelle. Man kann auch durch dieselbe Färbung, die die Zahnscheiden darstellt, die Wandungen der Höhlen im wachsenden Knorpel und im jungen Knochen nachweisen. Auch die Zeit des Auftretens dieser Wandschichten ist in Dentin, Knorpel und Knochen ungefähr die gleiche; die Wand zeigt sich, wenn ein gewisses Quantum der Grundsubstanz vorhanden ist. Die Wandschicht bildet dann die innere Grenze der Grundsubstanz; und diese liegt unmittelbar auf der betreffenden Zelle. Es kommt auf das Gleiche hinaus, ob man sagt: Die Wandschicht geht aus der äussersten Schicht des Protoplasmas der Zelle hervor,

oder sie entsteht aus der innersten Lage der Intercellularsubstanz: denn beiderlei Dinge liegen an der gleichen Stelle, dicht auf dem unveränderten Protoplasma.

Die lebhaft färbbaren Körnchen (Fig. 2*a* *P*) schliessen die Dentinzelle gegen den sonstigen Inhalt des Dentincanals ab. Sie gleichen ganz denjenigen Körnern, die man vor dem Auftreten der Fibrillen auf den Bildungszellen des Bindegewebes findet. Was aus diesen Körnchen wird, ist schwer zu sagen; jedenfalls muss ihr Produckt innerhalb des Zahncanälchens bleiben. Nun ist neben der Zahnfaser sicherlich nur amorphes, vielleicht flüssiges Material in den Zahncanälchen vorhanden; und ich möchte annehmen dass dieses Material von Seiten der Dentinzelle, die zum Canälchen gehört, gebildet wird, und dass es durch Umwandlung einer Substanz entsteht, die zunächst in Form der körnigen Platte am freien Ende der Zelle sichtbar ist. Erweisen lässt sich diese Annahme zur Zeit nicht. Der amorphe Inhalt der Zahncanälchen würde nun durch die Zahnscheide hindurch nach Aussen tretend, ein Material liefern, das zur Verdickung der Dentinlage verwendet wird; einen Grund für diese Annahme finde ich darin, dass die Zahncanälchen auseinanderrücken. Es muss also zwischen die Canälchen eine Abscheidung von Material erfolgen, und das Material kann nur aus den Zahncanälchen kommen.

Aus den mitgeteilten Beobachtungen geht wohl ohne weiteres hervor dass die Korff'schen Fasern bei der Entstehung des Dentins ganz unbeteiligt sind. Wenn sie vorhanden sind, reichen die Fasern bis an die Innenfläche der Dentinlage, aber nicht weiter. Die Dentinzellen sind die Bildner des Dentins; dieser alte Satz hat neue Stützen bekommen. Ihre Rolle bei der Dentinbildung gleicht ganz und gar der Function, die die Osteoblasten bei der Bildung des Knochens haben. Die Angabe, die v. Korff gemacht hat (4) dass nicht die Osteoblasten, sondern bindegewebige Fasern das Knochengewebe liefern sollen, ist nicht

haltbar; ich verfüge in dieser Beziehung über Beobachtungen, die ich später, bei der ausführlicheren Darstellung der Dentinbildung mitzuteilen gedenke.

Literatur.

1. v. Korff, Die Entwicklung der Zahnbeingrundsubstanz der Säugetiere. Arch. f. mikr. Anatomie, Bd. 67, 1905.
2. v. Ebner, Über die Entwicklung der leimgebenden Fibrillen, besonders im Zahnbein. Wiener Sitzungsberichte, math. natw. Cl. Bd. 115. Abt. 3, 1906.
3. Golowinski, Zur Kenntnis der Histogenese der Bindegewebsfibrillen. Anatom. Hefte. Bd. 33, 1907.
4. v. Korff, Die Analogie in der Entwicklung der Knochen- und Zahnbeingrundsubstanz. Arch. f. mikr. Anatomie Bd. 69, 1906.

II. Ferner demonstrierte Herr Prof. Disse eine Reihe von Präparaten über die erste Ernährung der Keimblase der Spitzmaus (sorex vulgaris). Er zeigte, dass die Ernährung durch ein sehr zellenreiches Exsudat vermittelt wird, dessen Zellen im Epithel der Crypten der Uterusschleimhaut entstehen, zu kugligen Elementen mit hellem Protoplasma und compaktem Kern werden, sich ablösen und im Lumen des Uterus sich anhäufen. Diese Zellen treten an das Chorion heran, zerfallen und werden vom Chorion resorbirt.

In der ordentlichen Sitzung vom 10. Juli 1907 sprach Prof. Bonhoff

Über eine Färbemethode für Vaccine-Erreger und über „Reinkulturen“ derselben.

M. H.!

Zu den unter drei Mikroskopen aufgestellten Präparaten gestatten Sie mir nur wenige Worte als Erklärung hinzuzufügen.

In der Deutschen med. Woch. vom 30. Mai d. J. hat Schmorl mitgeteilt, dass er durch Fernhaltung von Alkohol bei der Konservierung syphilitischen Materials, durch Giemsafärbung (stundenlange!) bei in Formaldehyd gelegtem, frischem Material, wobei nach der Färbung eine Differenzierung in Kalialaun vorgenommen und damit reichlich das überschüssige Blau entfernt wurde, eine ausgezeichnete Nachweisung sehr zahlreicher Spirochaeten in Schnitten erreicht habe. Bei dieser Mitteilung interessierte mich vor allem der Umstand, dass bei irgendwie mit Alkohol in Berührung gewesenem Material der Nachweis der Spirochaeten in den Schnitten nicht oder schlecht geführt werden konnte. Hatte ich doch schon längst die Überzeugung gewonnen, dass die grosse Schwierigkeit, in Vaccine-Material die im lebenden Präparat so zahlreich vorhandenen, schwach lichtbrechenden, lebhaft beweglichen Komma- etc. Formen auch im gefärbten Zustande in solchen Mengen nachzuweisen, wie sie nach dem lebenden Präparat zu erwarten waren, in irgend einem Zusammenhang mit der Konservierung des Materials stehen müsse! Die Mitteilung Schmorl's wurde für mich die Veranlassung, die schon eingeleiteten Versuche, mit neuem Material eine Konservierung und weitere Behandlung ohne irgend welchen Alkohol vorzunehmen, zu beschleunigen. Die Präparate, die ich Ihnen heute demonstriere, verdanken der Anwendung dieser neuen Methode ihre Entstehung.

Es handelt sich dabei um einen Ausstrich von Lapine-Material vom vierten Tage nach der Impfung auf ein Deckglas und um einen Schnitt von einer ebenfalls vier Tage alten Pustel eines Kaninchens. Doch darf ich gleich hier anführen, dass ich dasselbe Resultat auch bei Kalbs- und Kinderpusteln erhalten habe. Die Konservierung ist in allen Fällen, auch bei den Deckglasausstrichen, mit Formaldehyd in 35%iger Lösung vorgenommen worden. Dabei habe ich noch einen besonderen Umstand zu erwähnen. Bei Trypanosomen-Blutpräparaten war mir aufgefallen, wie viel ausgezeichneter die Färbung der Parasiten gelingt, wenn man statt in gewöhnlicher Formaldehyd-Lösung die Konservierung in einer neutral oder besser noch schwach alkalisch gemachten solchen Lösung vornimmt. Unsere Formaldehyd-Lösungen reagieren ja bekanntlich immer mehr oder weniger stark sauer, da ein Teil des Formaldehyds fortwährend, besonders stark bei Belichtung, in Ameisensäure oxydiert wird. Trypanosomen-Präparate, in schwach alkalisch gemachten Formaldehyd-Lösungen konserviert, stellen das schönste Objekt zur Färbung in Giemsa'scher Lösung dar, was man sich denken kann. Noch nie habe ich, haben auch meine Kursisten so ausgezeichnete, klare, bis ins Einzelne wohl erhaltene Bilder dieser Parasiten erhalten, als mit dieser Methode. Die undulierende Membran selbst, nicht nur ihr verdickter Rand, ist völlig erhalten, die Zusammenhänge zwischen Blepharoplasten, Rand der undulierenden Membran und Geissel sind bei jedem einzelnen Exemplar aufs deutlichste zu erkennen, in leuchtendem Rot heben sich die genannten Teile und der grosse Kern von dem schön blau gefärbten Leibe des Parasiten ab. Daneben verschwinden die übrigen Blutbestandteile bis zu einem beträchtlichen Grade, umsomehr, je deutlicher alkalisch die Konservierungsflüssigkeit gemacht wurde; ein Umstand, der für die Erkennung der Parasiten, besonders bei etwas dicker ausgestrichenem Blut, günstig in die Wagschale fällt. Am schönsten nun scheinen mir Trypanosomen - Präparate

dann zu werden, wenn man der alkalischen Formaldehyd-Lösung noch etwas Giemsa'sche Farblösung, 10 Tropfen auf 20 ccm der schwach alkalischen Formaldehyd-Lösung, hinzufügt. Die Präparate werden in dieser Lösung vor dem Austrocknen untergebracht, bleiben in derselben 1—2 Stunden, werden dann kurz in schwach alkalisch gemachtem Wasser abgespült, bis der Formaldehyd völlig ausgewaschen ist (eventuell also mehrere Wasserportionen hintereinander), und kommen nun für etwa eine Stunde in die Giemsa'sche Farbe, die ihre gewöhnliche Zusammensetzung hat (10 ccm Wasser, 1—3 gtt. Kali carbon., 10 gtt. Giemsalösung). Ich betone noch einmal, dass die alkalische Formaldehyd-Lösung nur schwach alkalisch sein soll, da sich bei stärkerem Alkaligehalt bei Zusatz von Giemsa-Farbe eine deutliche Zersetzung des Farbstoffs, ein Übergang der zuerst rein blauen durchsichtigen Lösung in eine Schmutzig-rosa-Färbung im Laufe einiger Stunden bemerklich macht. Bei ganz schwacher Alkalescenz bleibt dagegen die ursprüngliche blaue Farbe dieser „Beize" wohl erhalten, man kann sie sogar mehrfach verwenden.

In genau gleicher Weise, wie es eben von Trypanosomen-Präparaten geschildert wurde, sind auch die Deckglasausstriche von Vaccine- und Lapine-Material behandelt worden, von denen ich eingangs sprach und deren einer hier unter dem ersten Mikroskop aufgestellt ist. In ähnlicher Weise sind auch die Hautstücke mit Kalbs- und Kaninchenpusteln behandelt. Natürlich sind im letzteren Falle längere Zeiten angewandt worden. Die höchstens 1 mm dicken Stückchen kamen für 2×24 Stunden in die „Beize", wurden dann einige Stunden in mehrmals erneuertem, schwach alkalischem Wasser ausgewaschen, dann mit dem Gefrier-Mikrotom geschnitten, die einzelnen Schnitte dann in Giemsa'scher Farbe, bei der aber nur 5 gtt der käuflichen Lösung auf 10 ccm Wasser kamen, mehrere Stunden, zuweilen tagelang gefärbt, dann, nach Differenzierung mit Kalialaun, ohne jemals mit Alkohol in Berührung zu kommen, entwässert und in Xylol, dann in

Cedernöl überführt, in ähnlicher Weise, wie Schmorl es in seiner Arbeit angiebt. [Neuerdings habe ich auch die Pustelstückchen in toto in Giemsa-Lösung von obiger Konzentration gefärbt und sie erst später geschnitten, mit demselbe Erfolge.]

Wenn Sie einen Blick in diese beiden ersten Präparate, Ausstrich und Schnitt, werfen, werden Sie erstaunt sein über die Unzahl kleinster, intensiv rot gefärbter Gebilde, die in dem begrenzten Raume vor Ihnen liegt. Es handelt sich der Form nach hauptsächlich um kleine Kommas, allerdings recht verschiedener Grösse. Einige überschreiten die Grösse von Choleravibrionen etwas, andere sind etwas oder wesentlich kürzer, vor allem aber so schmal, dass man sie eben als feinste Linie erkennt. Ausser Kommaformen finden sich hauptsächlich kleinste runde Formen, auch kleine dreieckige und unregelmässig begrenzte Körperchen, kurz die gleiche Vielheit von Formen, auf die ich schon immer aufmerksam gemacht habe. Sehr spärlich sind in diesen Präparaten längere Schraubenformen, Spirochaeten- ähnliche Gebilde; auch dieser Umstand im Einklang stehend mit meinen früheren Angaben; doch sind sie bei längerem Suchen bisher immer gefunden worden. Vermisst habe ich dagegen die früher in die Formen - Mannigfaltigkeit des Vaccine-Erregers von mir einbezogenen langen Fäden mit und ohne Windungen, die ich demnach jetzt für Begrenzungslinien ballonierter Zellen zu halten geneigt bin. Ich werde sogleich zu betonen haben dass ich auch von den hier zu sehenden kleinsten Formen einen Teil als nicht zum Vaccine-Erreger gehörig auszuschalten gezwungen bin.

Ausser diesen kleinen, rot gefärbten Gebilden sind nun aber auch eine beträchtliche Zahl grösserer, zum Teil recht grosser, meist unregelmässig runder, klumpiger Gebilde vorhanden, die man wohl mit Recht als der nukleären Degeneration entstammende Gebilde ansprechen darf.

Die kleineren Formen finden sich durch den ganzen Pockenkörper hindurch in ganz verblüffenden Mengen. Sie

sind streng beschränkt auf die von der Pocke eingenommene Hautstelle und fehlen völlig in den der Pustel benachbarten Hautstellen, ein Beweis, dass es sich weder um Keratohyalinkörner, noch Eleidintropfen, die sich mit Azur gefärbt haben, handelt. Nur zuweilen habe ich in den der Pustel unmittelbar anliegenden Regionen einige wenige Kommaformen in der Schleimschicht gefunden. Soviel ich bisher gesehen habe, sind die harten, hornähnlichen Schichten der Epidermis auch über der Pocke frei von diesen Formen, Stratum corneum, lucidum, granulosum sind schwach gelblich, bezw. rot gefärbt, in ihnen sind ungefärbte Klümpchen sichtbar, die wohl das Eleidin und Keratohyalin repräsentieren werden. Unter dem Pockenkörper, in der eigentlichen Cutis, habe ich die Kommaformen nicht gefunden. Die Frage, ob sie innerhalb der Zellen, und dann auch in den Kernen, oder ausserhalb gelegen sind, lässt sich, wie ich gern zugebe, an dem dort aufgestellten Gefrier-Mikrotom-Schnitt wegen dessen Dicke nicht mit Sicherheit entscheiden. Ich glaube aber aus dem Deckglasausstrich-Präparat schliessen zu dürfen, dass wenigstens in diesem Stadium der Pustelentwickelung, am vierten Tage nach der Impfung, bereits eine sehr grosse Zahl frei, ausserhalb der Zellen liegender Formen vorhanden sind. In den Kernen habe ich sie deutlich bisher nicht liegen sehen.

Gehören nun alle die oben erwähnten und dort sichtbaren kleinen rot gefärbten Körperchen in den Entwicklungskreis des Vaccine-Erregers? Um Ihnen kurz meine heutige Anschauung zu sagen, so halte ich nur die Kommaformen, ferner die selten vorhandenen längeren Schraubenformen für dem Vaccine-Erreger zugehörig, während ich die kleinsten rundlichen Formen nicht mehr als in Betracht kommend ansehe, sondern ebenso wie die grösseren, unregelmässig runden, klumpigen Gebilde als Produkte der nukleären Degeneration und protoplasmatischen Zerfalls beurteile. Aber warum gehören nicht auch die sogenannten Kommaformen etc. zu diesen Zerfallsproduckten? Warum sollten gerade Kern-

substanzen nicht auch in Gestalt von solchen feinen und feinsten Fädchen, die dann natürlich auch etwas über ihre Längsaxe gekrümmt erscheinen könnten, auftreten. Oder warum sollte es sich nicht z. B. bei den Kommas um Haemokonien handeln, wie Mühlens und Hartmann annehmen? In der Tat würde ich auch die letzteren Fragen vielleicht bejahen und auch die länglichen Formen als Einschmelzungsprodukte von Zellen oder gar als Haemokonien ansehen können, wenn es nicht mittlerweile gelungen wäre, eine Art Reinkultur dieser Gebilde zu erhalten, von der ich Ihnen dort unter dem dritten Mikroskop ein Präparat aufgestellt habe. Sie sehen, dass es sich dabei hauptsächlich um äusserst kleine und feine, schwach über die Längsaxe gekrümmte Formen, zu einem Teil aber auch um etwas grössere und dickere Formen handelt. Dieselben stimmen völlig mit den in den Ausstrichen und Schnitten befindlichen Kommaformen hinsichtlich ihrer Grösse und Färbbarkeit überein. Sie sind auch etwa identisch in ihrer Grösse mit den in den lebenden Präparaten gesehenen beweglichen Gebilden, sodass ich eine wesentliche Quellung durch die Alkalescenz der konservierenden Aldehydlösung nicht für wahrscheinlich halte.

Lassen sie mich noch kurz den Weg mitteilen, auf welchem ich zu dieser Kultur gekommen bin. Wenn man von der Kochsalzverreibung eines Pustelinhalts beim Kaninchen vom vierten oder sechsten Tage eine Impfung macht auf Traubenzuckeragarrörchen in hoher Schicht, die mit der Hälfte steriler und völlig klarer menschlicher Hydrocelen-Flüssigkeit versetzt sind, davon in üblicher Weise Verdünnungen anlegt und das Ganze bei 36° C. hält, so sieht man in den Kolonieen der Verdünnungsröhrchen, die fast immer Kokken-Kolonien, meist Staphylocokkus aureus-Colonien sind, wenn sie einige Zeit, etwa vier Tage im Brutschrank gestanden haben, neben den Kokken im hängenden Tropfen zahlreiche lebhaft bewegliche kleinste Gebilde schwacher Lichtbrechung und von Kommaform, wie ich sie früher beschrieben habe. Impft

man von solcher einzeln liegender Kolonie zu dieser Zeit ab in Traubenzucker-Bouillon (Fleisch-, nicht Fleischextrakt-Bouillon mit Pepton und Kochsalz in üblicher Weise bereitet) plus $^1/_2$ steriler, völlig klarer menschlicher Hydrocele-Flüssigkeit, hält mit oder ohne Luftzutritt einige Tage bei gleicher Temperatur, so sinken vom vierten Tage an die ursprünglich lebhaft vermehrten Kokken allmählich zu Boden, eine grosse Anzahl stirbt ab und gleichzeitig tritt eine immer steigende Vermehrung der kleinsten Kommaformen ein. Durch Filtration oder durch Centrifugieren kann man die Kokken völlig entfernen. Die am zehnten Tage nach Impfung des Kölbchens durch Centrifugieren völlig klargewordene Nährflüssigkeit, tatsächlich von den Kokken vollständig befreit, lässt in nächster Woche bei Brüttemperatur eine allmählich immer deutlicher werdende geringere Trübung auftreten, wobei das lebende Präparat eine steigende Anzahl der Kommaformen aufweist. Acht Tage nach der Befreiung von den Staphylokokken ist die Trübung so stark, dass man beim leisen Schütteln bei durchfallendem Licht deutlich die zarten Wolken sich bewegen sehen kann; scharfes tagelanges Ausschleudern ergibt zu dieser Zeit einen reichlichen, nur aus Kommaformen bestehenden Bodensatz, von dem ich Ihnen das Präparat unter Mikroskop drei in derselben Weise, wie oben für Schnitte und Ausstriche angegeben, gefärbt habe. [Färbungen mit gewöhnlichen Anilinfarben, mit stärker wirkenden Farben wie Carbolfuchsin, Löfflers Blau etc. führen nicht zum Ziel]. Ausstriche von diesem Bodensatz auf alle möglichen Nährböden, Impfungen in flüssige Nährböden, auch in das Gemisch Traubenzucker-Bouillon plus $^1/_2$ menschlicher Hydrocelen-Flüssigkeit bleiben selbst bei mehrwöchentlichem Aufenthalt im Brütschrank steril und völlig klar. Da der Staphylokokken-haltige Nährboden umso geeigneter zur nachheriger Vermehrung der Kommaformen erscheint, je weniger scharf er zur völligen Befreiung von den Staphylokokhen ausgeschleudert werden musste, so halte ich für wahrscheinlich, dass die Reste der zu

Grunde gegangenen Kokken geradezu einen Teil des Nahrungsmaterials für die Kommaformen darstellen, dass erst nach dem Absterben und Zerfall einer grossen Zahl von Kokken überhaupt ein geeigneter Nährboden für die Vaccine-Erreger geschaffen ist. Somit würde es sich also auch nicht um eine eigentliche Symbiosis, sondern um eine Metabiosis handeln. Alle gerade hier so nötigen Controlen sind bisher negativ ausgefallen.

Die durch Berkefeld-Filter geschickten Kulturen erwiesen sich zunächst ebenfalls völlig klar, sie waren auch völlig von den Kokken befreit. Nach 24stündigen Aufenthalt im Brütschrank war eine deutliche krümelige Trübung, besonders an den Wandungen der Kulturgläser, aber auch in der Flüssigkeit vorhanden. Dieselbe nahm zu bis zum nächsten Tage. Dann aber reinigte sich die Flüssigkeit von den jetzt deutlichen Flöckchen durch ziemlich schnelles Sedimentieren und blieb vom dritten Tage nach der Filtration an völlig klar und durchsichtig, auch bei mehrwöchtlichem Aufenthalt im Brütschrank. Worum es sich bei dieser in den ersten Tagen aufgetretenen Trübung handelt, habe ich noch nicht festgestellt, jedenfalls nicht um eine Verunreinigung; denn der Bodensatz ist steril. Die Flocken enthalten auch, soviel ich bisher gesehen, keine Kommaformen und ich glaube daher, dass es sich bei ihrem Auftreten um eine Reaktionsänderung des stark eiweisshaltigen Materials beim Durchgang durch das Berkefeld-Filter und eine darauffolgende teilweise Ausfällung gewisser Eiweiss- oder Eiweiss-ähnlicher Stoffe handelt. Jedenfalls spricht das Ausbleiben einer eigentlichen Vermehrung der Kommaformen in diesem Falle nicht gegen, sondern für meine oben gegebene Anschauung, dass Kokkenreste, die durch die Filtration eben zurückgehalten sind, das eigentliche Ernährungsmaterial für die acidophoben Kommaformen darstellen.

Eine Vermehrung dieser Gebilde auf dem Staphylokokken-Material hat sich bisher bis zur 12. Generation erreichen lassen. Durch Verwendung spezifisch staphyloly-

tischen Serums hoffe ich, die Nährfähigkeit des künstlichen Materials steigern zu können. Inwieweit andere Bakterien günstiger oder ungünstiger als Nährmaterial sind, werden im Gang befindliche Experimente zeigen.

Tierversuche mit dem Sediment der „Reinkultur“ von Kommaformen haben insofern ein positives Resultat gehabt, als es mir bei einem unbeimpften, noch besser bei einem mit Lapine vier Tage vorher in die Haut beimpften Kaninchen gelungen ist, durch Verbringung des Sediments aus der kokkenfreien „Reinkultur“ in eine Cornealtasche deutliche Trübung und bei Konservierung der am fünften Tage ausgeschnittenen Augen in der ursprünglichen, nicht in der oben beschriebenen Weise auch Guarnieri’sche Körperchen in typischer basaler Lagerung neben den Kernen der Epithelzellen nachzuweisen. Hautimpfungen bei Kaninchen sind bisher negativ ausgefallen. Ich gestehe, dass ich mich dadurch nicht mehr einschüchtern lasse. Denn ich glaube, dass ein Krankheitserreger, der schon durch zweimalige Überimpfung vom variolakranken Menschen auf das Kalb derart abgeschwächt wird, dass er die Barre der lokalen Lymphdrüsen nicht mehr zu überwinden vermag, von vornherein die Vermutung nahelegt, er werde, auf künstlichen Nährboden übertragen und in mehreren Generationen fortgezüchtet, jede pathogene Aktivität verloren haben. Ob wir damit gleich für die Dauer auf eine Aussichtslosigkeit in praktischer Anwendnng solcher Reinkulturen uns einrichten müssten, möchte ich vorderhand bezweifeln.

Es gibt selbstverständlich nunmehr eine ganze Anzahl von Wegen, sich über die ätiologische Bedeutung dieser Gebilde zu vergewissern, vor allem natürlich das Verhalten der „Reinkultur“ gegenüber dem Serum von Kälbern und Menschen, die mit Lymphe kürzlich geimpft waren; das Verhalten von Tieren, die mit hohen Dosen der „Kultur“ allmählich immunisiert sind, gegen Kuhpockenlymphe etc. Mit diesen Versuchen bin ich jetzt beschäftigt.

Sitzungsberichte
der
Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften
zu
MARBURG

№ 7 Juli 1907

In der ausserordentlichen Sitzung vom 31. Juli berichtet Herr Karl Schaum:

Ueber selektive Emission.

W. von Bezold[1]) hat folgenden hübschen Versuch zur Demonstration der spektralen Beschaffenheit des bei verschiedenen Temperaturen emittierten Lichtes eines glühenden Körpers angegeben: Man betrachtet einen in dem äusseren Mantel der Bunsenflamme erhitzten horizontalen Platindraht durch ein Prisma, dessen brechende Kante dem Draht parallel gerichtet ist; das von dem Draht, dessen Temperatur in der Mitte des glühenden Teiles am höchsten ist, ausgestrahlte Licht erscheint zu einem Spektral-Dreieck ausgezogen, dessen Spitze violett, und dessen Basis rot ist; letztere erscheint abgerundet, d. h. die breiteste Stelle des Dreiecks entspricht nicht dem äussersten, sondern einem mittleren Rot, welches also beim Erhitzen zuerst über die Reizschwelle des Auges gelangt.

Herr cand. H. Wüstenfeld hat auf meine Veranlassung diesen Versuch zu einer bequemen Methode, okular oder

1) Ann. Phys. 21, 175. 1884.

photographisch den Charakter der selektiven Emission bzw. Absorption im sichtbaren Gebiet zu erkennen, ausgearbeitet. Ein dünner schmaler Platinstreifen wird zur Hälfte mit Eisenoxyd überzogen, das fast schwarze Strahlung liefert, zur Hälfte mit der zu prüfenden Substanz, z. B. mit Auermasse. Um in der Mitte des Bleches eine möglichst hohe Temperatur zu erhalten und ein schnelles „Glühgefälle" nach den Enden zu erreichen, kann man den elektrisch zu glühenden Streifen mit grossen, die Wärme stark ableitenden Klemmschrauben fassen, oder man lässt ihn sich nach der Mitte hin verjüngen. Das Bild des glühenden Streifens wird auf den Spalt des Spektroskops projiziert. Man sieht dann zwei spektrale Halb-Dreiecke, welche den Charakter der Strahlung des nicht schwarzen Körpers deutlich erkennen lassen. Man sieht z. B., dass Auermasse, Zinkoxyd, Uranoxyd, Gold, Kupfer (in H_2-Atmosphäre geglüht) u. a. sehr schwache Emission im langwelligen Rot liefern, das dagegen Smalte, Thénards Blau u. a. wenig kurzwellige Strahlen emittieren. Die Temperatur des fast schwarzen Eisenoxyds ist wegen seiner hohen Gesamtstrahlung niedriger als diejenige des Versuchskörpers.[2]) Um hierüber völlige Sicherheit zu haben, trifft man die Versuchsanordnung so, dass die relativ schwärzeste Partie im Spektrum

---

2) Dass die Temperatur des Eisenoxyds unter gleichen Umständen erheblich niedriger ist, als z. B. diejenige der Auermasse, zeigt ein schöner Versuch von H. Rubens. (Ann. Phys. 18, 725. 1905.) Man taucht einen Auerstrumpf nach dem Abbrennen in Tinte; beim Glühen überzieht er sich mit Eisenoxyd, erreicht aber jetzt nur helle Rotglut. Herr O. Groskurth hat auf meinen Wunsch hin diese Tatsache verwendet, um gleichzeitig Strumpf und Flamme des Auerbrenners zu beobachten bezw. zu photographieren, was für gewisse Fragen der Leuchttechnik von Wert ist. Bei Anwendung des gewöhnlichen Auerstrumpfes wären derartige Versuche infolge seiner allzugrossen Helligkeit gegenüber der Flamme nicht auszuführen; bei Verwendung des Eisenoxydstrumpfes erhielten wir jedoch unter Zuhilfenahme eines Blaufilters (und eventuell bei gleichzeitiger Flammenfärbung mit Kalium) gute Resultate.

der zu prüfenden Substanz die gleiche oder etwas höhere Intensität hat, als die entsprechende Region im Eisenoxydspektrum. Die schwache Emission im Spektrum des Untersuchungsubjektes kann dann nicht auf zu niedrigem Glühzustand desselben beruhen.

Bei einzelnen Substanzen, ganz besonders bei Kupfer, ist die Emission im Rot so schwach, dass der Beginn des Glühens garnicht den Eindruck der „Rotglut" macht, sondern eher als „Grünglut" bezeichnet werden müsste.[3]) Die breiteste Stelle des Halb-Dreiecks, welche die zuerst über die Reizschwelle des Auges gehende Wellenlänge angibt, liegt bei den verschiedenartigsten Substanzen fast an der nämlichen Spektralstelle; aber die weitere Ausbreitung des Spektrum nach seinen Enden bei Temperatursteigerung ist ausserordentlich von der Natur der Substanz abhängig. Die Anomalie beim Kupfer etc. ist also nicht darauf zurückzuführen, dass zuerst ein Grün den Schwellenwert erreicht, sondern dass sich dem zunächst sichtbar werdenden mittleren Rot sehr schnell erhebliche Mengen grünen etc. Lichts beimischen, während die Strahlung im Rot relativ wenig zunimmt. Würde man nur einen sehr schmalen Spektralbezirk über die Reizschwelle gelangen lassen, so würde (bei genügender Dunkeladaptation) auch Kupfer etc. rotglühend erscheinen; diese Verhältnisse lassen sich vielleicht mit dem von mir in Gemeinschaft mit Herrn cand. W. Hornschu konstruierten sehr lichtstarken Spektroskop untersuchen.[4])

---

3) Vgl. Karl Schaum, Z. f. wissensch. Photogr. **3**, 272. 1905.

4) Mittels dieses Apparates gelang es uns, die von Herrn Prof. Richarz angeregte spektrophotographische Untersuchung der Ozonlumineszenz erfolgreich in Angriff zu nehmen. Unsere Versuche machen es wahrscheinlich, dass diese Lumineszenz lediglich dem Zerfall der Ozonmolekeln zuzuschreiben ist, wie Herr Prof. Richarz vermutete. Auf seinen Wunsch soll noch mittels eines analog gebauten Quarzspektrographen untersucht werden, ob die nach unseren Versuchen anscheinend vorhandene ultraviolette Strahlung bei der Ozonlumineszenz

Projiziert man das Bild eines mit weissem Licht beleuchteten Spaltes auf den oben beschriebenen „Glühgefäll-

---

ebenso, wie die sichtbare, in gewissen Beziehungen zu den Absorptionsstreifen des Ozons steht. Diese Feststellung ist umso interessanter, da ja Ozon selbst durch ultraviolettes Licht gebildet wird. (Der ultraviolette Teil der Ozonlumineszenz könnte schwache Leitfähigkeit zerfallenden Ozons verursachen; stärkere Leitfähigkeit kann durch die kräftige kondensierende Wirkung sehr geringe Spuren beigemengter nitroser Dämpfe [E. Barkow, Marburger Dissertation; Ann. Phys. **23**, 317. 1907] hervorgerufen werden, wie Herr Dr. Stuchtey nachgewiesen hat; vgl. diese Berichte, 1906, 124.) Dass die Lumineszenz wohl dem Zerfall der Ozonmolekeln zuzuschreiben ist und nicht dem chemischen Vorgang an dem oxydablen Molekül, dürfte in gewisser Hinsicht überhaupt für die Theorie der Chemilumineszenz der Gase, auch der hoch erhitzten, interessant sein. Man will neuerdings z. B. die diskontinuierliche Emission des glühenden Joddampfs auf den Zerfall bzw. die Wiederentstehung der Jodmolekeln zurückführen und vermutet, dass eine derartige Strahlung nur bei Temperaturgefälle innerhalb des Dampfes möglich sei. M. E. müsste man sie jedoch auch bei einem völlig gleichtemperierten dissoziierbaren System erwarten, da das Gleichgewicht wohl kaum ein statisches, sondern ein dynamisches ist. Interessant zur Lösung der Frage, ob es thermische Entstehung von diskontinuierlichen Spektren gibt, wären daher Versuche an Quecksilberdampf oder dergl. — Die Lumineszenz beim Ozon- (bzw. Sauerstoff-) Zerfall hängt wahrscheinlich mit der Bildung der $\overset{+}{O} - \overset{-}{O}$-Ionen (vgl. R. v. Helmholtz † und F. Richarz, Ann. Phys. **40**, 161. 1890, O. Mumm, Z. f. phys. Chem. **59**, 459. 1907) zusammen. Diese (oder ihre Reaktionsprodukte mit den Ionen des Wassers) bewirken durch ihre Anlagerung an ungesättigte Verbindungen (z. B. $R - \overset{+}{C} - \overset{-}{C} - R$) die Oxydation (bzw. Autoxydation). Die zunächst entstehenden Peroxyde spielen in der Natur eine grosse Rolle (vgl. C. Engler und J. Weissberg, Autoxydation, Braunschweig 1904); vielleicht sogar nicht nur bei Oxydationsprozessen, sondern auch bei Reduktionsvorgängen; man könnte z. B. daran denken, dass die Assimilation im ersten Stadium nach dem Schema

$$\overset{--++}{C(O)_2} + 2\overset{+}{H} + 2\overset{-}{OH} \underset{\text{Lichtwirkung}}{\rightarrow} H_2C(OOH)_2 \underset{\text{Katalasewirkung}}{\rightarrow} H_2CO + H_2O + O_2$$

verlaufe. Auch könnte man zunächst ein photochemisch beeinflusstes Gleichgewicht $C(OH)_4 \rightleftarrows H_2C(OOH)_2$ annehmen.

Draht", und wirft man von diesem wiederum ein Bild auf den Spalt, so erkennt man bei allmählicher Erhitzung, wie sich das Reflexionsvermögen der selektiv strahlenden Substanz für die einzelnen Wellenlängen mit der Temperatur ändert. Bei der Auermasse wird das Reflexionsspektrum nach der Grenzlinie der Halbdreiecke zu im kurzwelligen Gebiet immer kürzer. Bei Neodymoxyd zeigt sich die bekannte merkwürdige Tatsache, dass einzelne der scharfen Absorptionslinien mit steigender Temperatur verschwinden und andere dafür auftreten. Diese Veränderung im Absorptionsvermögen bleibt nach der Abkühlung (wenigstens längere Zeit) bestehen, was sich auch durch Verfärbung zu erkennen gibt.[5]) Bei Erbiumoxyd werden die Absorptionslinien bei höherer Temperatur weniger sichtbar, was wohl auf zunehmende „Schwärzung" im gesamten Spektralgebiet zurückzuführen ist.

Man kann die beschriebenen Erscheinungen auch photographieren, wenn Platten von geeigneter Farbenempfindlichkeit angewandt werden. Zur Photographie im Rot verwendeten wir die neue Platte von Wratten u. Wainwright. Das spektrale Verhalten der Schichten untersuchten wir in folgender Weise: Vor dem Spalt wurde eine Blende vertikal derart verschoben, dass die einzelnen Streifen der Platte Expositionen erhielten, die mit einem konstanten Faktor anwuchsen. Die Grenzen der Schwärzung lassen deutlich die Sensibilisierungskurve erkennen, ferner sind die Minima der Empfindlichkeit, die spektrale Gradation etc. gut wahrzunehmen.

Wir beabsichtigen unter Anwendung des phosphorographischen Verfahrens mittels Sidot-Blende (etc.) analoge Studien über selektive Emission etc. im Ultrarot auszuführen.

---

5) A. Waegner (Z. f. anorg. Ch. **42**, 118. 1904) führt diese Erscheinungen auf den Vorgang $Nd_2 O_3 \rightarrow Nd_4 O_7$ zurück. Da einige Linien nach unseren Versuchen allmähliche Verschiebungen zu erleiden scheinen, kommen wohl noch andere Vorgänge in Betracht.

Nachher berichtete Herr E. Korschelt:

Ueber Regenerationsversuche an Tubifex und Lumbriculus.

Von den ausgedehnten Versuchen, die von Herrn Conrad Müller im zoologischen Institut an *Tubifex* u. *Lumbriculus* vorgenommen wurden, seien hier nur kurz die hauptsächlichsten Ergebnisse mitgeteilt, da Herr C. Müller später selbst ausführlich über seine Untersuchungen berichten wird. Es sollte vor Allem festgestellt werden, wie weit die Regenerationsfähigkeit der genannten Würmer geht. Die Versuche wurden zum Teil im Winter, zum Teil im Sommer angestellt und die Ergebnisse erwiesen sich etwas verschieden in beiden Jahreszeiten.

Kopfregeneration. Bei *Lumbriculus* erfolgt die Neubildung eines Kopfes in allen Körperregionen bis zum Bestand von 7 bis 11 hinteren Segmenten, Schwanzstücke von dieser Segmentzahl vermögen noch einen neuen Kopf zu bilden, der durchaus normale Beschaffenheit zeigt. Hervorzuheben ist dabei, dass unabhängig von der Zahl der entfernten vorderen Körpersegmente nie mehr als 4 bis 6 Vordersegmente neu gebildet werden. — An ein und demselben Wurm konnte die Kopfneubildung bis zu elfmal hintereinander wiederholt werden.

Tubifex besitzt bekanntermassen ähnlich wie die Lumbriciden keine so grosse Regenerationsfähigkeit am Vorderende der Teilstücke; bei ihm kann eine Neubildung des Kopfes nur bei Verlust der sechs vorderen Segmente eintreten; weiter nach hinten erfolgt sie nicht mehr. Rasch aufeinander folgende Kopfneubildungen, wie die oben von *Lumbriculus* erwähnten, konnten bei *Tubifex* an ein und demselben Wurm nur viermal hintereinander erzielt werden.

Schwanzregeneration. Die Fähigkeit, ein neues Hinterende zu bilden ist bei *Tubifex* wie bei *Lumbriculus* an-

scheinend gleich stark entwickelt. An ein und demselben Exemplar von *Lumbriculus* konnte das Hinterende von Oktober bis Mitte Juli 19 mal, im Frühjahr und Sommer 23 mal zur Neubildung gebracht werden, doch sind in letzterer Hinsicht höhere Zahlen zu erwarten, da die Versuche noch in Ausführung begriffen sind.

Bei *Tubifex* liess sich die Neubildung des Hinterendes an ein und demselben Wurm von Oktober bis jetzt 21 mal, im Frühjahr und Sommer bis jetzt 20 mal feststellen, doch werden beide Versuchsreihen fortgesetzt und dürften zweifellos noch höhere Zahlen ergeben, wenn nicht unerwarteter Weise ungünstige Einflüsse die Fortführung der Versuche unterbrechen sollten.

Bezüglich der Art der Operation, besonders im Hinblick auf die Segmentzahl der abgetrennten Stücke, sollen später genauere Mitteilungen gemacht werden.

Kopf- und Schwanzregeneration. Bei gleichzeitigem Verlust des Kopf- und Schwanzendes konnte für *Lumbriculus* bis jetzt eine neun- und zehnmalige Regeneration erzielt werden; bei *Tubifex* sind derartige Versuche mit gewissen Schwierigkeiten verbunden.

In dieser Verbindung werden am besten auch die Versuche erwähnt, bei denen eine Zerstückelung des Wurmes (*Lumbriculus*) in eine möglichst grosse Zahl von Teilstücken vorgenommen wurde. Kürzere Würmer wurden in eine geringere Zahl von Teilstücken, längere in eine grössere Zahl zerlegt. Bei Zerteilung in 8 bis 23 Stücke, kann jedes Stück weiter leben, indem es ein neues Vorder- und Hinterende bildet. Die Stücke umfassten häufig nur drei Körpersegmente, brachten aber trotzdem einen Kopf und nach hinten eine ansehnliche Segmentzahl zur Ausbildung. Die so entstandenen Würmer liessen sich in gleicher Weise wieder in Teilstücke zerlegen, nur dass die Zahl der letzteren bei der geringeren Länge der betr. Würmer eine kleinere war.

Regeneration an Regeneraten. Die Versuche über Kopf- und Schwanzregeneration wurden zum Teil von alten, zum Teil von bereits neu gebildeten Körperpartien aus vorgenommen und die neu gebildeten Teile erwiesen sich bei *Lumbriculus* ebenso regenerationsfähig. Es wurde weiter versucht, Schwanzregenerate, die bereits einen gewissen Umfang (mindestens 7—10 Segmente) erreicht hatten, an ihrer Ansatzstelle vom Körper abzutrennen und sie zeigten sich durchaus lebens- und regenerationsfähig. Solche Schwanzenden, auch wenn sie nur 7 bis 10 Körpersegmente zählten, bildeten einen neuen Kopf. An diesen, aus den regenerierten Teilen erzielten Würmern, wurden folgende Versuche vorgenommen:

Die Regeneration des Schwanzendes unter Beibehaltung des natürlichen Kopfendes erfolgte bis jetzt siebenmal, wobei das neu gebildete Regenerat innerhalb zehn Tagen durchschnittlich zehn Segmente zeigte.

Die Regeneration des Kopfendes unter Beibehaltung des natürlichen Schwanzendes geschah bis jetzt sechsmal, wobei man nach der Operation in jeder Körpergegend ebenfalls stets nur 4 bis 6 neue Segmente beobachtete.

Die Regenerate zeigten bis jetzt eine fünfmalige Neubildung des verlorenen Kopf- und Hinterendes.

Eine recht weit gehende Regenerationsenergie zeigt der Versuch, bei welchem aus dem Regenerat eines Regenerates wieder ein ziemlich vollkommnes, wenn auch nur kleines Tier hergestellt wurde.

Heteromorphosen, Mehrfachbildungen. Bei Herrn Müllers Versuchen wurden verschiedene Missbildungen beobachtet, von denen einige hier Erwähnung finden sollen.

Unter den zu den Versuchen benutzten Würmern (*Lumbriculus variegatus*) befand sich am 18. Mai 1907 ein solcher von 4, 5 cm Länge, der in 23 ziemlich gleiche Stücke geteilt wurde. Nach ungefähr einem Monat waren alle Teile zu anscheinend vollständigen Würmern ausgewachsen, indem sie

jedenfalls Kopf und Schwanz gebildet hatten; letzterer zählte 18 bis 22 Segmente. Nur eines der Stücke hatte nach hinten einen Schwanz und nach vorn anstatt des Kopfes einen zweiten Schwanz gebildet; der eine zählte 18, der andere 22 Segmente; das Stück selbst bestand aus drei alten Körperringen, hatte auch in beiden Enden einen funktionsfähigen Darm und After gebildet und lebte zwei Wochen. Man hatte also hier die Bildung eines heteromorphen Schwanzendes vor sich.

Ein segmentreiches Regenerat zeigte ganz dicht an seinem distalen Ende ein zweites rechtwinklig zu ihm stehendes Regenerat von 22 Segmenten mit funktionsfähigem Darm und After. Nach einer Woche hatte das Regenerat den Seitenzweig abgeschnürt.

Ein anderes, abnorm gestaltetes Individuum kam durch folgenden Versuch zu stande. Ein ausgewachsener Wurm war siebenmal am Hinterende operiert worden und zeigte am 7. Mai 1907 ein Regenerat von 30 Segmenten, die an der Ansatzstelle, also ohne alte Körperringe entfernt wurden. Das Regenerat bildete einen Kopf und es wurde nun viermal, immer nach ungefähr 14 Tagen Kopf und neugebildetes Hinterende entfernt. Am 13. Juli zeigte das Tier wieder einen neuen Kopf und einen gegabelten Schwanz. Der Darm wie der After waren in beiden Zweigen funktionsfähig; allein schon am 17. Juli war die Gabel zwei Segmente über der Ansatzstelle abgeschnürt und ein neuer After gebildet. Das Tier lebt noch und ist inzwischen wieder mit Erfolg operiert worden.

Auch bei *Tubifex* zeigten sich mehrfach jüngere Stadien abnormer Doppelbildung. An dieser Stelle sei nur auf ein Exemplar hingewiesen, das drei deutlich ausgebildete Schwanzenden besass. Es ist schon früher kurz beschrieben worden. (E. Korschelt: Regeneration und Transplantation. Jena 1907, S. 133). Damals hatte das ursprüngliche Regenerat seine weitere Ausbildung eingestellt und die beiden Nebenregenerate waren zu weit längeren, segmentreichen Schwanz-

enden geworden. Allein die weitere Beobachtung ergab, dass nach $1^1/_2$ Monaten das primäre Regenerat die beiden sekundären nicht nur in Grösse und Segmentzahl einholte, sondern sie sogar übertraf. Nach $1^1/_2$ Monaten zeigte das primäre Regenerat ungefähr die doppelte Anzahl von Segmenten wie die beiden sekundären. Der Darm war in allen drei Regeneraten gut entwickelt, das mittlere Regenerat zeigte einen funktionierenden Enddarm und After, während er in den beiden andern fehlte. Der Darminhalt musste also wohl zurück in den Hauptdarm treten. Der Wurm bot mit seinen drei langen Schwänzen ein höchst eigenartiges Aussehen und wurde schliesslich am 21. Juni in völlig lebensfrischem Zustand konserviert.

Weiter berichtet Herr E. Korschelt:

Ueber Regenerationsversuche an Land- und Süsswasserschnecken.

Die Versuche wurden von Herrn Georg Techow ausgeführt und vor allen Dingen aus dem Grund unternommen, um die Regenerationsfähigkeit der Schale festzustellen; allerdings wurden auch Regenerationsversuche am Weichkörper angestellt; jedoch soll hier nur auf die ersteren eingegangen werden.

Da zu vermuten war, dass die Regenerationsfähigkeit der Schale an ihrem freien Rand am grössten ist, so wurden die Versuche damit begonnen, anfangs kleinere, später Stücke von grösserem Umfang aus dem Mündungsrand an der Schale verschiedener Heliciden herauszubrechen. Die Verletzungen wurden immer umfangreicher hergestellt und erstreckten sich vom Mündungsrand weit über die letzte Schalenwindung, sich nach oben hin allmählich verschmälernd. Die Ergänzung dieser Verluste geschah vom Mantel aus, soweit die Bildung

der äusseren Conchyolinmembran in Frage kommt, während die Ablagerung der Kalksubstanz über die ganze Wundfläche gleichzeitig erfolgte. Die Reparation solcher, auch ziemlich umfangreicher Schalendefekte kann sich schon in wenigen Wochen vollziehen.

Weiterhin wurden im Bereich der unteren (grössten und jüngsten) Windung annähernd viereckige Schalenstücke bis zu 1 qcm. herausgemeiselt. Diese zeigten sich bereits nach 8—14 Tagen von einer neuen Kalkschicht überzogen, welche den Defekt gänzlich ausfüllte und der verletzten Stelle den nötigen Schutz wie die echte Schale gewährte. Aehnlich verhielten sich entsprechend kleinere Stücke an den oberen (kleineren und älteren) Windungen.

Durch diese Versuche ermutigt, entfernte Herr Techow bei ausgewachsenen Weinbergsschnecken die Schale im grösseren Umfang vom Spindelpol ausgehend nach den unteren Windungen zu und zwar so, dass zuerst etwa anderthalb Windungen weggenommen wurden. Sowohl in diesem Fall, wie auch dann, wenn die Schalenwegnahme in weiterer Ausdehnung erfolgte, bildete sich in ziemlich kurzer Zeit (1—2 Wochen) eine neue Kalkdecke über den entblössten Teilen. Dies geschah auch dann, wenn die Schale so weit entfernt wurde, dass von dem jüngsten Umgang an der Schalenmündung ein Schalenstreifen von nur einigen cm Breite stehen blieb. Derartige Schnecken mit entblösstem Eingeweidesack und darüber neu gebildeter Kalkdecke bieten einen recht eigenartigen Anblick. Um das genauere festzustellen, werden diese Schnecken noch weiter gehalten. Zunächst sei nur erwähnt, dass der über jenen umfangreichen Defekten neu gebildeten Kalkdecke die oberflächliche Conchyolinmembran fehlt.

Die Versuche, bei denen die gesamte Schale entfernt wurde, erwiesen sich bis jetzt als erfolglos; sie sind allerdings erst in recht geringem Umfang vorgenommen worden; wenn bei diesen Versuchen eine Neubildung der Schale nicht eintrat und die Tiere zu Grunde gingen, so lässt sich daraus

noch nicht schliessen, dass für die Neubildung der Schale das Vorhandensein eines Teils der alten Schale nötig ist, obwohl die bisherigen Versuche dies zeigten.

Einer Anzahl von Exemplaren der Weinbergsschnecke wurde die Schale in der Weise zertümmert, dass sie nur noch aus zahlreichen Bruchstücken bestand; es sollten dadurch Bedingungen hergestellt werden, wie sie durch Verletzungen im Freien etwa beim Zertreten einer Schnecke hergestellt werden. Es findet bei diesen Versuchen ein teilweises Abstossen, aber auch ein Verkitten der Bruchstücke durch neu ausgeschiedene Kalksubstanz und somit an der zertrümmerten Schale eine weitgehende Reparatur statt, die schon nach einer Woche ausgeführt war.

Im Zusammenhang mit diesen letzteren Versuchen werden am besten auch die über Transplantation erwähnt, da es sich auch bei ihnen um eine Verkittung von Schalenstücken mit der übrigen Schale handelt. Es wurden bei verschiedenen Helix-Arten annähernd viereckige Schalenstücke von 5—8 qmm Grösse herausgemeisselt und in eine entsprechend grosse Lücke der Schale derselben oder einer anderen Species eingefügt (homoplastische und heteroplastische Transplantation), wobei sie durch Befestigung mit Paraffin und Papierstreifen in ihrer Lage erhalten wurden. Schon in 8—14 Tagen erwiesen sich diese Stücke als fest mit der Schale verbunden und blieben bis jetzt anderthalb Monat unverändert in ihrer Lage.

Die bisherigen Angaben bezogen sich nur auf Heliciden verschiedener Gattungen und Arten, doch wurde von Landschnecken noch *Succinea putris* untersucht. Die Anordnung der an ihr vorgenommenen Versuche war eine ganz ähnliche, wie sie oben von den Heliciden geschildert wurde und auch die Ergebnisse waren im Ganzen entsprechende, nur dass sich *Succinea* weniger widerstandsfähiger erwies, was freilich wohl damit zusammenhängt, dass die Bernsteinschnecke weniger leicht zu halten ist.

Die an Basommatophoren *(Limnaeus stagnalis* und *Planorbis corneus)* vorgenommenen Versuche zeigten hinsichtlich der vom Schalenrand ausgehenden, unter Umständen recht beträchtlichen Verletzungen einen Schalenersatz in der für *Helix* geschilderten Weise. Ebenso gelang es beim Herausschneiden von Stücken aus den älteren Schalenwindungen die Bildung einer neuen Deckschicht zu beobachten; allerdings nahm diese Neubildung eine etwas längere Zeit in Anspruch und verlief beim Herausmeisseln von etwa 2—3 qmm grossen Stücken erst in einem Zeitraum von vier bis fünf Wochen.

In entsprechender Weise wurden Versuche an *Paludina vivipara* angestellt, deren Ergebnisse im Ganzen mit den an den Basommatophoren gewonnenen Resultaten übereinstimmten, d. h. die vom Schalenrand und aus den Windungen entnommenen Stücke bedurften für ihren Ersatz ebenfalls etwas längere Zeit. Die Versuche, abgeschnittene Teile des Operculums zur Regeneration zu bringen, erwiesen sich bisher als erfolglos.

Ueber die hier erwähnten Versuche und ihre Fortführung, wie auch über die auf die Schalenneubildung bezüglichen histologischen Befunde wird später eingehend berichtet werden.

In der ordentlichen Sitzung vom 10. Juli wurde zum ausserordentlichen Mitgliede gewählt: Herr Dr. Wilhelm Krauss, Privatdocent der Augenheilkunde.

Aufgelegte Schriften:

Albany.	New York state museum. 57th Annual report 1903. 57. Bd., I 1/2 II geb.	1905
Boston.	The American naturalist. No. 484/5.	1907
Bremen.	Naturw. Verein. Abhandlungen, XIX., 1^6.	1907
Cambridge.	Museum of comparative Zoology. 50. Bd., No. 9 u. 51. Bd., No. 1.	1907
Emden.	Naturforsch. Gesellschaft. 90. Jahresbericht 1904/5.	1906

Frankfurt a. M.	Senckenberg'sche Naturf. Gesellschaft.	
	Abhandlungen, 29. Bd., No. 2, in 4°.	1907
Görlitz.	Naturf. Gesellschaft.	
	Abhandlungen, 25. Bd., No. 2.	1907
Halifax.	Nova-Scotian Institute of science.	
	Proceedings. XI., 2 (1903/4).	
Halle a. S.	Leopoldina. 43. Heft, No. 5.	1907
Heidelberg.	Naturh.-mediz. Verein.	
	Abhandlungen, N. F. VIII., 3/4.	1907
Mexico.	Instituto geologico. Boletin No. 24, in 4°.	1906
Milwaukee.	Wisconsin naturalhistory society.	
	Bulletin V., No. 2. New series.	1907
New York.	Public library. Bulletin XI., No. 5.	1907
Philadelphia.	Amer. philosophical Society.	
	Proceedings. 45. Bd., No. 184.	1906
Roma.	Accademia dei Lincei.	
	Atti 1907. XVI., $8^{6}/9$. 1 Sen.	1907
St. Petersburg.	Academie imp. des sciences.	
	Bulletin, VI., Ser. 1907, No. 8/9.	1907
Washington.	Smithsonian institution.	
	I. Annual report. 1905 u. 1906, geb.	1906
	II. Miscellaneous Collections. III. Bd., 3°.	1907
	Am. Academy of arts and sciences.	
	Proceedings. 42. Bd., No. 20/25,	
Tokyo.	Zoological society.	
	Annotationes. VI. Bd., 2^{6}.	1907

Basel.	Naturf. Gesellschaft.	
	Verhandlungen, XIX, 1^{6}.	1907
Bonn.	Naturh. Verein d. Rheinlande.	
	a) Sitzungsberiehte 1906. 2. Hälfte.	1907
	b) Verhandlungen 1906. 2. Hälfte.	1907
Erlangen.	Phys.-med. Sozietät.	
	Sitzungsberichte, 38. Bd., 1906.	1907
Iglo.	Ung. Karpathen-Verein.	
	Jahrbuch, 34. Jahrg., 1907.	1907
Halle a. S.	a) Leopoldina, 43. Heft, No. 6.	1907
	b) Naturw. Verein.	
	Zeitschrift f. Naturwiss., 79. Bd., 1/2 Heft. Leipzig	1907
Linz a. D.	Verein f. Naturkde.	
	36. Jahresbericht.	1907
Riga.	Naturforscherverein.	
	Correspondenzblatt, 49. Bd.	1906
St. Gallen.	Naturf. Gesellschaft.	
	Verhandlungen, 89. Jahresvers. 1906.	Aarau
Tokyo.	Mediz. Fakultät der Univ.	
	Mitteilungen, VII., 2^{6}.	1907
Wien.	Geolog. Reichsanstalt.	
	Verhandlungen 1907, No. 4/6.	1907

Roma.	Accad. dei Lincei.	
	Atti Ser. V, Bd. XVI., 10.⁶/11. Heft.	1907
St. Petersburg.	Acad. imp. des sciences.	
	Bulletin, VI. Ser., 1907, No. 10/11.	1907
Upsala.	Vetenskapsakademien i. Stockholm.	
	Arkiv für Matematik etc., III, 2. Heft.	1907
Buenos-Ayres.	Museo nacional.	
	Anales, III. Ser., VI. u. VIII. Bd.	1906
Boston.	The American Naturalist, 41. Bd., No. 486.	1907
Montana.	University.	
	Presidents report 1905/6.	Dec. 1906
New-York.	Public library.	
	Bulletin, XI, No. 6,	1907
Philadelphia.	Acad. of nat. sciences.	
	Proceedings, 58. Bd., III.	1907
Washington.	Un. St. geological Survey.	
	a) Bulletin, No. 279, 286, 297, 303, 305, 306, 307, 310.	1906/7
	b) Water-Supply paper, No. 182, 183, 187 bis 189.	1906/7
	c) Mineral resources, 1905, geb.	1906
	d) Monographs, 50. Bd., 4⁰, geb.	1906
Washington.	Smithsonian institution.	
	a) Bulletin, 30 (American indians), geb.	1907
	b) Remarks on the type of the fossil Pygmaeus, kl. fol.	1907

American Acad. of arts, 42. Bd., Nr. 26. 1907

Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College, Bd. 51, No. 2 u. 3. 1907

Abhandlungen der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft. Bd. 30, Heft 1 u. 2. Frankf. a. M. 1906

Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät in Erlangen. 37. Band, 1905. Erlangen 1906

57. Bericht der Lese- und Redehalle der deutschen Studenten in Prag. 1905. Prag 1906

Sitzungsberichte des deutschen naturw.-mediz. Vereins f. Böhmen „Lotos". Neue Folge, 25. Bd., 1905. Prag 1905

Archives du Musée Teyler. Ser. II, Vol. X, 2e Partie. Haarlem 1906

Atti della R. Accademia dei Lincei. Ser. V. Rendiconti. Vol. XV, Fasc. 9, 10, 11.

Rendiconti dell 'Accademia delli Scienze Fisiche e Matematiche. Ser. 3a, Vol. XII, Fasc. 1—2, 3, 4. Napoli 1906

Atti della Società Toscana di Scienze Naturali Processi verbali. Vol. XV. No. 2, 3, 4.

Archives de l'Institut Royal de bactériologie Camara Prestana. Tome I, Fasc. 1. Lisbone 1906

U. S. Geological Survey Professional Paper. No. 44, No. 48. Part. I, II, III. Washington 1906

„ „ „ Water-Supply and Irrigation Paper. No. 154, 167, Washington 1906

Smithsonian Institution, Annual Report 1904 of the U. S. National Museum. Washington 1906
Smithsonian Institution Hodkins Fund Contributions to Knowledge, Par. of vol. XXXIV (No. 1651. Washington-City 1905
Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Vol. LVII, Part. III, 1905. Philadelphia 1906
University of Montana Bull. No. 30, Biological Series No 10. Missoula, Montana 1906
Wisconsin Natural History Society. Bulletin, Vol. 4, No. 1. u. 2. Milwaukee 1906
The Amerikan Naturalist. Vol. XL, No. 474. Boston 1906
Bulletin of the New York Public Library. Vol. X, No. 6. New York 1906

Ebler, der Arsengehalt der „Maxquelle" in Bad Dürkheim a. d. Haardt. Heidelberg 1907
Mitteilungen der Gesellschaft Pollichia zu Nr. 22. 43 Jahrgang 1906. Bad Dürkheim 1907
Hermann Zwick, Grundlagen einer Stabilitätstheorie für passive Flugapparate (Gleisflieger) und für Drachenflieger; die Hauptbedingungen der Stabilität. Bad Dürkheim 1907 4°
Mitteilungen aus dem Naturwissenschaftlichen Verein für Neuvorpommern und Rügen in Greifswald 38. Jahrgang 1906. Berlin 1907
Jahresbericht der Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Dresden. Sitzungsperiode 1905—1906. München 1907
Notizblatt des Vereins für Erdkunde und der geologischen Landesanstalt zu Darmstadt. 4. Folge, 27. Heft, 1906.
K. Th. Stöpel. Eine Reise in das Innere der Insel Formosa und die erste Besteigung des Niitakayama (Mount Morrison) Buenos Aires 1905
58. Bericht der Lese- und Redehalle der deutschen Studenten in Prag 1906. Prag 1907
Institut grand-ducal de Luxembourg. Section des Sciences naturelles, physiques et mathematiques. Archives trimestrielles fascicules III et IV. Juillet—Decembre 1906. Luxembourg 1906
Atti della Reale Accademia dei Lincei 1907.
- a) Rendiconto dell' adunanza solenne del 2 giugno 1907 onorata dalla presenza die Sua Maestà il Re vol. II. Roma 1907
- b) Rendiconti. Classe di science fisiche, matematiche e naturali. Sedota del 16 giugno 1907. Fol. 16. fasc. 12. 1. Semester. Roma 1907

Sitzungsberichte
der
Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften
zu
MARBURG

№ 8 November 1907

In der ausserordentlichen Sitzung vom 31. Juli sprach Herr F. A. Schulze über:

Auslösung Wehneltscher Kathodenstrahlen durch elektrische Wellen.

Nach Versuchen von Herrn K. Goes.

In einer früheren Mitteilung[1]) (vom Dezember vorigen Jahres) wurde über eine eigentümliche auslösende bezw. hemmende Wirkung elektrischer Potentialschwankungen auf die Aussendung der von Wehnelt[2]) entdeckten sehr langsamen von glühenden Oxyden ausgehenden Kathodenstrahlen berichtet. Es sei gestattet, kurz das Wesentliche der Erscheinung noch einmal anzuführen.

Bei gegebener Spannung der Kathode treten die Wehneltschen Kathodenstrahlen spontan bei einer bestimmten Minimaltemperatur T_1 der Kathode auf. Die so spontan entstandenen Strahlen bleiben dann aber bestehen, wenn nun

---

1) F. A. Schulze und R. Stuchtey, Marb. Sitz.-Ber. 1906. p. 178—184.
2) A. Wehnelt, Ann. d. Phys. 14. p. 425. 1904.

die Temperatur der Kathode erniedrigt wird und verschwinden erst bei einer zweiten Grenztemperatur T_2. Dieses Verhalten erinnert an die Unterschiede zwischen Anfangspotential und Minimumpotential bei der Spitzenentladung.

Die Erscheinung besteht nun darin, dass bei derselben gegebenen Kathodenspannung die Aussendung der Kathodenstrahlen bereits unterhalb der Minimaltemperatur T_1 einsetzt, sobald in der Nähe ein, etwa von einer kleinen Elektrisiermaschine erzeugter Funke überschlägt, falls dabei der negative Pol der Funkenstrecke der Wehneltröhre näher liegt als der positive. Diesem „auslösenden“ Effekt steht andererseits ein „hemmender“ Effekt gegenüber. Er besteht darin, dass die erregten Kathodenstrahlen schon bei einer Temperatur der Kathode, die oberhalb der Grenztemperatur T_2 liegt, zum Verschwinden gebracht werden, wenn in der Nähe ein Funke überschlägt, falls jetzt der positive Pol der Funkenstrecke der Wehneltröhre näher liegt als der negative.

Selbst bei mässig starken Funken war der Effekt noch gut zu erhalten bei einem Abstand von etwa 7 m zwischen Röhre und Funken, und zweifellos war hier die Grenzweite der Wirkung noch lange nicht erreicht.

Da die Auslösung in der gleichen Weise gelang, wenn eine negative Ladung schnell von der Röhre weggeführt bezw. eine positive Ladung zu ihr hinbewegt wurde, die Hemmung dagegen in den beiden entgegengesetzten Fällen, so scheint die Erklärung darin zu liegen, dass an der Stelle der Röhre eine Potentialschwankung, ein Potentialstoss eintritt, und zwar bei der Auslösung der Kathodenstrahlen derartig, dass das negative Potential der Kathode kurze Zeit erhöht, bei der Hemmung der Kathodenstrahlen gemindert wird.

Bei Einschliessung der Röhre in einen Faradayschen Käfig blieb jede Wirkung aus.

(Die näheren Einzelheiten siehe in der zitierten Abhandlung.)

Es soll nun kurz über einige weitere Versuche berichtet werden, die Herr K. Goes im hiesigen Institut angestellt hat.

Es wurde zunächst an Stelle des wenig definierten Funkens einer Elektrisiermaschine der Funke eines bestimmten elektrischen Schwingungskreises genommen, dessen Schwingungsdauer durch Veränderung der Selbstinduktion verändert werden konnte, und zwar das von Erneke gelieferte Instrumentarium zur Demonstration der Seibt'schen Versuche.

Es war hierfür der Gedanke massgebend, ob vielleicht die in den elektrischen Wellen auftretenden Potentialschwankungen denselben Effekt ausüben würden, sodass in dieser Erscheinung eine Art Wellendetektor gegeben sein und man die in der drahtlosen Telegraphie gebräuchlichen Methoden zur Verstärkung der Fernwirkung, namentlich die Resonanz, verwenden könnte.

War nun zunächst die Röhre selbst in der gewöhnlichen Weise geschaltet, so zeigte sich hierbei die auffallende Erscheinung, dass die Röhre am besten, auf die weiteste Entfernung, bei einer ganz bestimmten Schwingungsfrequenz ansprach. Wurde der Kontaktbügel, der auf der veränderlichen Selbstinduktion verschiebbar war, nur wenig nach rechts oder links verschoben, entsprechend einer kleinen Verringerung oder Vergrösserung der Schwingsdauer, so blieb der Effekt aus. Die hierbei benutzte Röhre war die a. a. O. beschriebene für die speziellen Zwecke des Herrn K. Bangert[1]) gebaute Wehneltsche Röhre.

Die Grösse dieser kritischen Schwingungsdauer ist noch festzustellen; ferner soll untersucht werden, ob diese stets denselben Wert hat, oder für verschieden gebaute Röhren verschieden ist.

Es wurde nun weiter untersucht, ob bei diesem Effekt eine Abstimmung auf Resonanz zu erhalten ist. Soweit die bisherigen Versuche ergeben haben, scheint dies in der Tat bis zu einem gewissen Grade möglich zu sein.

---

1) K. Bangert, Marburger Inaug.-Diss. 1906.

Die beste Wirkung ergab folgende Anordnung: An einem Pol der Funkenstrecke des Senders wurde die Seibtsche Spirale angeschlossen, und die variable Selbstinduktion so reguliert, dass die Spirale in ihrem Grundton mit der Schwingung des Systems übereinstimmte. Eine zweite Seibtsche Spirale wurde in die Nähe der Wehneltröhre gebracht, und die Mitte der Spule durch einen Draht mit einem nahe der Röhre stehenden Konduktor oder auch der zur Demonstration der elektrostatischen Ablenkung dienenden Gegenplatte im Innern der Röhre verbunden. Ein Ende der Spule war geerdet. In den meisten, wenn auch bisher noch nicht in allen Fällen, zeigte sich tatsächlich die auslösende Wirkung am besten und auf die weiteste Entfernung, wenn die beiden Spiralen auf einander abgestimmt waren, also eine Verstärkung der Wirkung durch Resonanz.

Wenn auch die Versuche noch nicht zu einem vollen Abschluss gelangt sind und noch einiger Durcharbeitung bedürfen, so wurde doch über die bisher gewonnene Resultate berichtet, da die Versuche aus äusseren Gründen eine Unterbrechung erfahren.

Während hier die beschriebene auslösende bezw. hemmende Wirkung zum Nachweis von Potentialschwankungen in elektrischen Wellen benützt ist, hat auch bereits A. Wehnelt[1]) selbst die von ihm angegebenen Röhren zum Nachweis elektrischer Wellen durch die von ihm eingehend untersuchte Ventilwirkung benutzt und mit gutem Erfolg die Verstärkung durch Resonanz verwendet. In ähnlicher Weise können, wie Fleming[2]) gezeigt hat, die glühenden Kohlefäden einer Glühlampe zum Nachweis elektrischer Wellen dienen.

---

1) A. Wehnelt, Ann. d. Phys. **19**. p. 138. 1906.

2) J. A. Fleming, Proceed. of the Royal Soc. of London, Vol. **74**. p. 476. 1905.

In der ordentlichen Sitzung vom 13. November sprach Herr Professor F. A. Schulze über:

Messung sehr hoher Schwingungszahlen mittelst Chladnischer Klangfiguren; Bestimmung der oberen Hörgrenze mit der Galtonpfeife und durch Longitudinalschwingungen von Drähten.

Wenn auch die Bestimmung sehr hoher Schwingungszahlen in den letzten Jahren durch Einführung neuer Methoden, namentlich der Benutzung Kundtscher Staubfiguren, erhebliche Fortschritte gemacht hat, dürften doch neue Methoden immer willkommen sein.

Bei Gelegenheit einer erneuten Durchprüfung der Töne der Edelmannschen Galtonpfeife, zu der mich Herr C. Stumpf freundlichst anregte, sind einige neue Methoden von mir angewandt worden, über die hier in Kürze berichtet werden soll. Eine ausführliche Beschreibung wird demnächst an anderer Stelle gegeben werden.

Zunächst wurde ein Verfahren näher durchprobiert, das ich[1]) vor einigen Jahren ganz kurz erwähnt hatte. Es besteht darin, dass kleine Platten aus Papier, Glas, Glimmer, Kupfer, die auf einem Kork- oder Messingring befestigt sind, zwischen der Tonquelle und der reflektierenden Tischplatte auf und abgeführt und so die Knoten und Bäuche der sich bildenden stehenden Welle abgesucht werden.

Im Knoten bleibt aufgestreuter Sand in voller Ruhe, in den Bäuchen wird er lebhaft aufgewirbelt.

Es zeigte sich, dass hiermit die Töne der Galtonpfeife bis etwa 30000 v. d., also weit über die Hörgrenze, gut und sicher bestimmt werden konnten.

---

1) F. A. Schulze, Marburger Sitz. Ber. 1902. p. 66.

Dieselben kreisförmigen am Rand festgeklemmten Platten lassen sich zur Bestimmung sehr hoher Schwingungszahlen benutzen, indem man diejenige Ordnungszahl der Chladnischen Klangfigur ermittelt, die mit dem zu untersuchenden Ton in Resonanz steht, und die zugehörige Schwingungszahl berechnet.

Nach einer von mir angestellten Berechnung sind diese Schwingungszahlen folgende: Der Grundton N_0, in dem die Platte als ganzes schwingt, ist gegeben durch (für $\mu = \frac{1}{4}$)

$$N_0 = 0{,}463 \frac{D}{R_2} \sqrt{\frac{E}{\varrho}} \text{ v. d.}$$

wo D die Dicke, R der Radius, E der Elastizitätsmodul, ϱ die Dichte, μ die Elastizitätszahl der Substanz ist.

Es sei n die Zahl der Knotendurchmesser, ν die Zahl der Kreisknotenlinien. Die Höhe des Grundtones $= 1$ gesetzt, gilt dann folgende Tabelle:

ν	$n = 0$	$n = 1$	$n = 2$
0	1	2,07	3,42
1	3,90	5,98	8,68
2	8,70	11,76	—
3	15,50	—	—

Ausser für Platten aus Papier, wo sich der gefundene Ton stets, wohl infolge von Spannungen, wesentlich höher fand als er der Berechnung nach sein sollte, und eigentümliche stetige Uebergänge der Klangfiguren ineinander auftraten, wie sie auch schon von A. Elsas [1]) gefunden sind, hat Beobachtung und Rechnung sich stets in guter Uebereinstimmung gezeigt. Auch die Radien der Knotenkreise fanden sich genau von der berechneten Grösse. Man kann so, indem man etwa mit tieferen Tönen solche Platten dicht, noch sehr hohe Schwingungszahlen, weit über der oberen Hörgrenze, mit Leichtigkeit bestimmen.

---

1) A. Elsas, Wied. Ann. 19, p. 474. 1883.

In noch einfacherer Weise kann man die Chladnischen Klangfiguren von Platten mit freiem Rand in folgender Weise verwenden. Legt man ein kreisförmiges Deckgläschen, wie sie für Mikroskope im Handel von 14 mm Durchmesser an aufwärts erhältlich sind, mit feinem Sand bestreut auf ein weitmaschiges Drahtnetz, und hält dieses über die Tonquelle, etwa die Galtonpfeife, so entstehen die Chladnischen Klangfiguren mit überraschender Leichtigkeit und Schärfe, sobald Unisono mit einem der Eigentöne des Deckgläschens besteht. Die Tabelle der Schwingungszahlen findet sich in Kirchhoffs Ges. Abhandlungen. Es gilt die Tabelle, der tiefste Ton (mit zwei Knotendurchmessern) wieder $= 1$ gesetzt, für $\mu = \frac{1}{4}$:

ν	$n = 0$	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$
0			1,0000	2,3124	4,0485	6,1982
1	1,6131	3,7032	6,4033	9,6445	13,3937	17,6394
2	6,9559	10,8383	15,3053	20,3249		
3	15,9031					

Der Grundton ist $N_0 = 0{,}261 \frac{D}{R^2}\sqrt{\frac{E}{\varrho}}$ v. d.

Es fanden sich die berechneten und die beobachteten Schwingungszahlen sowohl relativ wie absolut in guter Uebereinstimmung. Es wurden so leicht z. B. an der Edelmannschen Galtonpfeife bei kleinen Maulweiten noch die fünften und sechsten Obertöne bis zu ca. 60000 v. d. konstatiert. Nachstehend sind einige so erhaltene Figuren in natürlicher Grösse abgebildet.



Natürliche Grösse.

Die Bestimmung der Schwingungszahlen mit Kundtschen Staubfiguren ergab dieselben Resultate wie die eben beschriebenen Methoden.

Schliesslich wurden die hohen Töne der Edelmannschen Galtonpfeife auch noch durch Beugungsversuche bestimmt. Es wurde dazu die Pfeife in etwa 20—25 cm Abstand unter das Beugungsgitter gestellt, das aus 4—5 Kartonstreifen von 10 bez. 15 mm Breite in eben solchem Abstand bestand. Der Raum oberhalb des Gitters wurde dann mit einer der genannten auf Kork- oder Messingringe geklebten Glimmerplatten abgesucht. Es war dabei von Tönen über ca. 12 000 v. d. an deutlich der abgebeugte Schallstrahl zu konstatieren.

Die Berechnung lieferte befriedigende Uebereinstimmung mit den Bestimmungen, die nach anderen Methoden gemacht wurden. Es sind so auch Bestimmungen von über der Hörgrenze liegenden Schwingungszahlen, bis zu ca. 23 000 v. d. gemacht worden.

Obere Hörgrenze.

Bei allen diesen Versuchen, bei welchen die Pfeife stets mit konstantem Winddruck durch ein Wasserstrahlgebläse angeblasen wurde, ergab sich für mich, in guter Uebereinstimmung mit früher von mir und anderen an den verschiedensten Tonquellen gemachten Bestimmungen die obere Hörgrenze zu rund 20 000 v. d.

Nun hat M. Th. Edelmann selbst angegeben, dass die von ihm gebauten Galtonpfeifen nicht nur Schwingungen bis zu etwa 50 000 v. d. liefern, sondern dass diese hohen Töne auch noch gut gehört werden, dass also die obere Hörgrenze wesentlich höher liegt als bisher angenommen wurde. Dabei muss aber nach seiner Vorschrift die Pfeife mit dem Gummiball angeblasen werden. Schon C. Stumpf und A. Wachsmuth

haben diese Art des Anblasens als zu unsicher verworfen. Myers hat dann 1902 eine eingehende Untersuchung der Galtonpfeife bis herab zu 1,3 mm Pfeifenlänge angestellt bei verschiedenen Anblasestärken. Dabei findet er, dass Töne über 20000 v. d. (höchstens bis 26000) unhörbar sind.

Ich habe die Galtonpfeife nochmals auf ihre Schwingungen hin untersucht und zwar bis zu den kleinsten Pfeifenlängen hinunter (0,2).

Es ergab sich im wesentlichen folgendes:

Die von Edelmann auf den Aichscheinen angegebenen, nach der Methode der Kundtschen Staubfiguren bestimmten Schwingungszahlen sind vorhanden und richtig, treten aber nur bei starkem Anblasen auf und sind nur bis 20000 v. d (circa) hörbar, darüber hinaus aber unhörbar. Es treten aber bei der von ihm angegebenen Maulweite bei schwachem Anblasewind bei sehr kleinen Pfeifenlängen wesentlich tiefere Töne auf; diese liegen weit unter der oberen Hörgrenze, und diese sind es, die man bei Anblasen mit dem Gummiball wirklich hört. Bei einem Exemplar war diese Schwingungszahl bei der angegebenen Maulweite unabhängig von der Pfeifenlänge ca. 11300 v. d.

Interessant ist, dass dieser Ton, trotzdem er unabhängig in seiner Höhe von der Pfeifenlänge ist, von verschiedenen Personen bis zu verschiedenen Pfeifenlängen herunter gehört wird, wie dies den Ohrenärzten schon länger bekannt ist. Ich höre ihn z. B. an dem betr. Exemplar bis zu 0,2 mm, andere bis 0,15, andere bis 0,6 mm Pfeifenlänge. Wahrscheinlich wird seine Intensität mit abnehmender Pfeifenlänge immer geringer, und da die Reizschwelle für verschiedene Personen verschieden hoch sein wird, so wird er für sie bei verschiedenen Pfeifenlängen verschwinden.

Danach müssten alle Bestimmungen der oberen Hörgrenze, die nach dem Aichschein bei Anblasen mit dem Gummiball gemacht sind, revidiert werden. Zur exakten Bestimmung

der oberen Hörgrenze ist gleichmässig starker Anblasewind notwendig.

Zu fast derselben oberen Hörgrenze, zu der ich mit der Edelmannschen Galtonpfeife, wie schon vor mehreren Jahren,[1]) so auch diesmal gelangte, nämlich etwa 18 000 v. d., bin ich durch Versuche an einer ganz anderen Tonquelle gekommen, nämlich an den Longitudinalschwingungen von Drähten Es kamen Stahldrähte von 0,39 mm Durchmesser und Messingdrähte von 0,26 mm Durchmesser zur Verwendung, die in das Webersche Monochord in einer Länge von 1200 mm unter Spannnng durch 2—3 Pfund eingespannt wurden. Durch sanftes Anreiben mit einem mit Kolophonium bestrichenem Lederlappen, oder mit Daumen und Zeigefinger, die mit Kolophonium versehen waren, wurde der Longitudinalgrundton hervorgebracht und durch Vergleichen mit einem Sonometer gemessen.

Er betrug bei Stahl 2080 v. d., bei Messing 1408 v. d. Mit einer Flachzange wurde dann eine Stelle des Drahtes festgehalten, und das übrig bleibende Drahtstück wieder zum Tönen gebracht. Das Drahtstück wurde successive so weit verkürzt, bis die Hörgrenze erreicht war, d. h. bei weiterer Verkürzung keine hörbaren Töne mehr auftraten. Dies geschah für mein Ohr bei 14,0 cm bei Stahl, dagegen bei 9,2 cm bei Messing. Die entsprechenden Schwingungszahlen sind dann

$$2080 \cdot \frac{1200}{140} = 17\,800 \text{ v. d. bez. } \frac{1528 \cdot 1200}{92} = 18\,360 \text{ v. d.}$$

Dieses ist also für mein Ohr die obere Hörgrenze. Es sind Zahlen, die durchaus mit fast allen sonstigen Bestimmungen gut übereinstimmen. Dass auch bei noch mehrere Centimeter kürzere Drahtlängen noch wirklich hohe Schwingungen vorhanden waren, wurde durch lebhafte Einwirkung auf die empfindliche Flamme konstatiert, wobei noch besonders festgestellt wurde, dass die Erregung der Flamme nicht,

---

1) F. A. Schulze, Wied. Ann. 68, p. 809. 1899.

oder wenigst lange nicht in demselben Mass wie durch den Ton, durch das blosse Schabegeräusch hervorgebracht wurde.

Das Anreiben brauchte nur mit geringer Intensität zu geschehen, so dass Nebengeräusche, die sonst bei der Bestimmung der oberen Hörgrenze oft stören, kaum vorhanden waren.

Besonders hervorgehoben sei, dass die Intensität der Töne hier verhältnismässig gering ist, gegenüber den sehr intensiven Tönen der Galtonpfeife. Da trotzdem bei beiden Tonquellen sich fast dieselbe obere Hörgrenze ergiebt, so scheint diese unabhängig von der Intensität zu sein (siehe dazu einen demnächst in der neu gegründeten Zeitschrift: „Beiträge zur Anatomie, Physiologie, Pathologie und Therapie des Ohres, der Nase und des Kehlkopfes, herausgegeben von A. Passow und Karl L. Schäfer; Verlag von S. Karger, Berlin“, erscheinenden Aufsatz von mir: Ueber die obere Hörgrenze und ihre exakte Bestimmung).

Die oben beschriebene Methode erfordert sehr geringe Hülfsmittel und Zeitaufwand. So viel ich sehe, lassen sich wenig Einwände gegen sie vorbringen. Die Töne sind wahrscheinlich so rein, dass ihre Benutzung sich vielleicht auch für andere physiologische Fragen, etwa die Bestimmung von Unterschiedsempfindlichkeiten bei hohen Tönen, eignen dürfte.

Herrn C. Stumpf bin ich für die Anregung zu der vorliegenden Untersuchung sowie für die freundliche Vermittlung von zwei Galtonpfeifen zu Dank verpflichtet; ebenso Herrn Rohlf für die Ueberlassung seines Wasserstrahlgebläses.

Erwähnen möchte ich noch, dass sich Herr Prof. Richarz sowie mehrere Herren des Physikalischen Instituts von der Richtigkeit der mitgeteilten Versuche mehrfach überzeugt haben, namentlich davon, dass die Galtonpfeife bei starkem Anblasen bei sehr kleiner Pfeifenlänge unhörbare Töne giebt, dass dagegen ein hörbarer Ton auftritt in dem Augenblick in dem Anblasewind abgestellt wird, also kurze Zeit ein schwacher Anblasewind herrscht.

In der Sitzung vom 13. November d. J. sprach Herr M. Seddig:

Ueber Abhängigkeit der Brown'schen Molekularbewegung von der Temperatur.

Ich möchte mir erlauben, heute einige kurze, vorläufige Mitteilungen zu machen über Untersuchungen der Abhängigkeit der Brown'schen Bewegung von der Temperatur.

Unter Brown'scher Bewegung (in letzter Zeit meist Brown'sche Molekular-Bewegung genannt) versteht man die äusserst rasche, zitternde Bewegung von sehr kleinen, mikroskopisch eben noch sichtbaren Teilchen, die in irgend einer Flüssigkeit eingebettet sind. Diese zitternden Bewegungen erfolgen vollkommen spontan und bleiben beliebig lange in gleicher Weise bestehen. Ich besitze z. B. ein Präparat, welches diese Bewegungen seit $1^1/_2$ Jahren in unverminderter Deutlichkeit zeigt. Alle genügend feinkörnigen Pulver können hierzu Verwendung finden; für meine weiterhin zu erwähnenden Versuche benutzte ich Zinnoberpulver wegen der Gleichförmigkeit der Teilchengrösse.

Für die Deutung dieser Erscheinung sind viele, aber nicht befriedigende Erklärungsversuche gemacht worden, nachdem festgestellt war, dass äussere Ursachen, wie Erschütterungen, Verdunstung, Belichtung usw. nicht die Ursache sein konnten. Brown selber, der diese Erscheinung bereits 1827 beschrieb, versucht keine besondere Erklärung

Die plausibelste Erklärung dieser Bewegung gab wohl zuerst Chr. Wiener und S. Exner. Man hat nach der kinetischen Wärmetheorie anzunehmen, dass die Flüssigkeitsmolekeln lebhafte Oscillationen und Vibrationen vollführen; in diese Menge vibrierender Flüssigkeitsmolekeln sind die

äusserst kleinen Teilchen eingebettet und bekommen Anstösse von den ringsherum befindlichen, vibrierenden Flüssigkeitsmolekeln. Stellen wir uns die eingebetteten Teilchen relativ sehr gross gegenüber den Flüssigkeitsmolekeln vor, so ist zu zu erwarten, dass in gleichen Zeiten praktisch gleichviel Molekeln von der einen wie von der entgegengesetzten Seite gegen das Teilchen prallen; die durch den Anstoss erzeugten Druckkräfte sind dann auf beiden Seiten entgegengesetzt gleich gross; das Teilchen bleibt also in Ruhe. Sind dagegen die eingestreuten Teilchen relativ nur wenig grösser als die Flüssigkeitsmolekeln, dann ist die Zahl der Anpralle eine bedeutend kleinere und damit auch die Wahrscheinlichkeit sehr klein, dass von jeder Seite stets gleich viel Molekeln auf das Teilchen treffen. In diesem Falle wird bald auf der einen, bald auf der anderen Seite eine überwiegende Anzahl von Molekeln entgegenstossen und das Teilchen in Richtung der zahlreicheren Stösse treiben. Solche Ungleichheiten des Anpralles auf entgegengesetzten Seiten gibt es aber in jedem Augenblick in einer anderen Richtung, sodass das Teilchen bei seiner Bewegung einen Zickzack-Kurs beschreibt — ganz ähnlich wie z. B. der Fussball unter den Stössen der beiderseitigen Spieler.

Ist diese hier wiedergegebene Deutung des Vorganges richtig, dann muss die Lebhaftigkeit der Teilchenbewegung eine exakte Temperaturabhängigkeit zeigen. Denn nach der kinetischen Wärmetheorie ist „höhere Temperatur“ der Flüssigkeit nichts anderes als gesteigerte Molekular-Bewegung. Befinden sich also die suspendierten Teilchen in einer Flüssigkeit von höherer Temperatur, so erhalten sie lebhaftere Impulse von Seiten der Flüssigkeitsmolekeln und ihre Bahngeschwindigkeit wird eine entsprechend grössere.

Eine exakte theoretische Behandlung dieser Verhältnisse gab zuerst Einstein in einer 1905 erschienenen Arbeit (Ann. d. Phys. IV, 17 pag. 549—560 · 1905). Er fand, dass, bei im

Uebrigen konstant gehaltenen Verhältnissen, die Entfernung zwischen Anfangs- und Endlage der Teilchen proportional ist

$$\sqrt{\frac{T}{k}}$$

worin T die absolute Temperatur und k den Reibungskoëffizienten der Flüssigkeit bedeutet.

Auf Veranlassung von Herrn Prof. Richarz unternahm ich es schon Anfang 1904 die Temperaturabhängigkeit der Brown'schen Bewegung eingehend zu untersuchen, und zwar womöglich nach einer objektiven Methode, wobei nur eine photographische in Frage kommen konnte.

Anregung zu diesem Thema gaben Ende 1903 die Beobachtungen in dem damals neuen Ultramikroskop, welches in einer Sitzung des Giessen-Marburger-Kolloquiums durch Herrn Dr. phil. Karl Siebert im v. Behringschen Privatlaboratorium hierselbst vorgeführt wurde; besonders die Demonstrationen kolloïdaler Silber- und Goldlösungen, in welchen die Teilchen lebhafteste, vibrierende Bewegungen vollführen, gaben Anlass zu obiger Thema-Stellung.

Der Abschluss dieser Versuche zog sich leider hinaus; einmal aus Mangel an Zeit, infolge der überaus schwierigen Arbeitsverhältnisse im physikalischen Institut; und dann vor allen Dingen aus Mangel an den erforderlichen Apparaten, wie z. B. brauchbarer Mikroskope, Immersionssysteme, Thermostaten etc. Die Beschaffung dieser kostspieligen Apparate aus Institutsmitteln war bei der ständigen Ueberlastung des Institutsfonds ganz unmöglich. Deshalb bin ich den Herren Direktoren des botanischen bezw. physiologischen Instituts Prof. Dr. Arthur Meyer und Prof. Dr. F. Schenck zu besonderem Danke verpflichtet, dass sie mir ihre wertvollen Instrumente in entgegenkommendster Weise zur Verfügung stellten.

Versucht wurde zunächst, die leuchtenden Bahnen, die diese Teilchen im Ultramikroskop während einer bestimmten

Zeit beschreiben, auf feststehender photogr. Platte zu photographieren, und dies Verfahren für jedes Präparat bei verschiedenen, bestimmten Temperaturen zu wiederholen. Die bei den einzelnen Temperaturen und in gleichen Zeiten erhaltenen Abstände zwischen Anfangs- und Endpunkt der Bahn müssen sich dann verhalten wie $\sqrt{\frac{T}{k}}$. Diese sehr naheliegende Methode war wegen der Lichtschwäche der Bildchen im Siedentopf-Zsigmondy'schen Ultramikroskop nicht ausführbar.

Eine danach versuchte kinematographische Methode gab schon einige Resultate, die mit einem Präcisionskinematographen wohl auch eine genügende Genauigkeit gezeigt hätten.

Nach verschiedenen weiteren Methoden führte endlich wieder eine ultramikroskopische zum Ziel. Benutzt wurde ein Ultramikroskop von prinzipiell ähnlicher Konstruktion, wie sie das neulich von mir hier (a. o. Sitzung vom 30. Juli) demonstrierte Mikroskop besass. Prinzipiell war die Methode folgende: In das (vertikal stehende) Ultramikroskop, welches mit einem mikrophotographischen Apparat in Verbindung steht, werden durch eine automatische Verschlussvorrichtung für jede Aufnahme zwei Lichtblitze (von einer Bogenlampe her) hineingeworfen. Die beiden Lichtblitze haben jedesmal ein Intervall von 0,1 Sekunde. Von jedem beweglichen Teilchen zeigt die Platte dann zwei Abbildungen, die um eine kleine Strecke (die der Lageänderung des Teilchens während dieser Zeit entspricht) von einander entfernt sind.

Diese Aufnahmen wurden für ein und dieselbe Suspension bei den verschiedensten Temperaturen wiederholt und dabei dann jedesmal die den betreffenden Temperaturen zukommenden Grössen der Lageänderung erhalten. Die Temperaturmessung der im Gesichtsfelde befindlichen Suspension geschah mit sehr dünnem Thermoelemente; die Heizung des Präparates auf die relativ hohen Temperaturen (bis ca. 100°)

mittels elektrisch erhitzten Pt-Drahtes der in dem besonders konstruierten Objektträger untergebracht war.

Die vorläufige Ausmessung dieser Punktentfernungen bei den verschiedenen Präparat-Temperaturen ergab Mittelwerte, die bis auf 4—6 % den nach Einstein theoretisch zu verlangenden nahe kommen.

Und zwar sind die experimentell erhaltenen Werte meist etwas grösser als die theoretischen. Aber diese Abweichung lässt sich wohl ganz plausibel deuten; trotzdem die Aufnahmen als rasche Momentaufnahmen geschehen, kommt bei der benutzten sehr intensiven Lichtquelle dennoch ein erheblicher Energiebetrag an den suspendierten Teilchen zur Absorption und wird von diesen sofort an die nächstbenachbarten Flüssigkeitsschichten weitergegeben; das Teilchen befindet sich somit eingehüllt in eine höher temperierte Flüssigkeitsschicht und vollführt raschere Bewegungen, als es die am Thermoelement abgelesene Durchschnittstemperatur der übrigen Flüssigkeit erwarten lässt.

Es wurden aber auch zahlreiche Platten erhalten, bei denen die gemessenen Werte kleiner als die theoretischen waren; aber ich habe die Vermutung, dass dieses irgend welche fremden Ursachen hat, dass geringe Spuren fremder Substanzen trotz aller Vorsicht in die Suspension gerieten und durch ihre Beimengung störend wirkten; bei einigen ganz abnormen Platten waren nachträglich an der Präparatfläche und unter schiefer und intensiver Beleuchtung Andeutungen von Schillerfarben zu erkennen.

Trotzdem die Mitbenutzung dieser Platten die Resultate bessern würde, sollen sie, wegen des eben geäusserten Verdachtes, doch keine weitere Verwendung finden. Die bestehen bleibende Abweichung zwischen gemessenem und theoretischem Werte ist ja auch von geringerer Wichtigkeit, nachdem man wohl ihre Ursache, wie vorhin ausgeführt ist, angeben kann. Diese Deutung der Abweichung beider Werte ist gerechtfertigt durch folgende Beobachtung: in einer sehr ungleichförmigen

Suspension, in welcher sich also sehr grosse und ganz kleine Partikelchen befinden, bewegen sich diejenigen kleinen Teilchen, die sich in nächster Nähe der grossen Teilchen befinden, ganz bedeutend rascher als andere Teilchen gleicher Grösse, die sich weitab von Benachbarten isoliert befinden.

Eine Verbesserung des Resultates wird vielleicht noch eintreten, wenn erst das gesamte Aufnahme-Material ausgemesen und zur Berechnung herangezogen ist.

Es ist dies jedoch eine ausserordentlich zeitraubende Tätigkeit, denn das Material enthält im Ganzen mehrere Tausend zu messenden Punktpaare.

Experimentelle und sonstige Einzelheiten sind hier nicht erwähnt worden; sie sollen einer demnächst zu gebenden ausführlichen Publikation vorenthalten bleiben.

Vielleicht haben aber noch folgende Angaben Interesse; die Ultra-Mikrophotographischen Momentaufnahmen geschahen bei ca. 1700 facher Vergrösserung; zur Ausmessung wurden die erhaltenen Platten nochmals über 20 fach vergrössert die zur Messung gelangende Wegstrecke ist also etwa das 34 000 fache des von dem Teilchen wirklich zurückgelegten Weges. Wurde z. B. ein Punktabstand von 7 mm gefunden, dann betrug die wirkliche Lageänderung des Teilchens im Präparat ca. 0,0002 mm.

Nachdem jetzt eine relativ bequeme und recht sicher funktionierende Methode für vorliegende Zwecke gefunden ist, sollen weiterhin folgende Punkte genauer untersucht werden: die Einflüsse der Grösse, Masse und Gestalt der Teilchen, der Art der suspendierenden Flüssigkeit (insbesondere von Elektrolyten). Ferner sollen die Versuche bei extrem tiefen Temperaturen angestellt werden; die ganz spezielle Apparatur hierfür ist bereits hergestellt. Es wird somit eine weitgehende experimentelle Nachprüfung möglich sein der von Einstein für Nichtelektrolyte und unter Annahme von kugel-

förmig gestalteten Teilchen theoretisch gefundenen Beziehung:

$$\lambda_x = \sqrt{t} \cdot \sqrt{\frac{R \cdot T}{N} \cdot \frac{1}{3\pi k P}};$$

(λ_x die Verrückung, t die Zeit, während welcher diese Verrückung zu Stande kam, R die Gaskonstante, T die absolute Temperatur, P der Radius der kugelförmig angenommenen Teilchen und N die Zahl der im Gramm-Molekül enthaltenen wirklichen Moleküle).

Weiterhin sollen analoge Bewegungserscheinungen, die teilweise bereits seit langem dem Biologen, dem Mineralogen usw. entgegengetreten sind, auf ihre Temperaturabhängigkeit hin untersucht werden. So z. B. die lebhaft beweglichen Gasblasen, „Libellen", die in manchen Flüssigkeitseinschlüssen der Gesteine auftreten. Ferner die Bewegungen bei Bakterien, die Vibrationen der Teilchen im Inneren der Blutkörperchen u. a. m. Denn es ist von besonderem Interesse zu erfahren, in wie weit diese Bewegungen als Folge der molekularen Wärmebewegung anzusprechen sind, da bei zahlreichen der „biologischen" Bewegungen ebensogut Konzentrationsunterschiede und ähnliches als Bewegungsursachen auftreten können.

Zu dem Vortrage von Herrn Dr. Max Seddig fügte Herr F. Richarz folgende Bemerkung über Molekularbewegung und den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik hinzu.

Zunächst sind die Messungsergebnisse des Herrn M. Seddig als **direkter Beweis** aufzufassen **für die Richtigkeit** der jetzt übrigens fast allgemein angenommenen Anschauung, dass die **Wärmeenergie**, soweit sie sich in Temperaturerhöhung äussert, in der **kinetischen Energie der ungeordneten Molekularbewegung** besteht. Die Brown'sche sogen.

Molekularbewegung ist eine unmittelbare Folge der Wärmebewegung der Molekeln selbst und hat in ihrem Wesen noch grosse Aehnlichkeit mit der letzteren; in der Brown'schen Bewegung können wir wegen der erheblicheren Grösse und geringeren Anzahl der bewegten Teilchen eine — theoretisch betrachtet — bereits weniger ungeordnete Bewegung erblicken als es die wahre Molekularbewegung ist. Hierin liegt kein Widerspruch gegen den zweiten Hauptsatz; denn für die Brown'schen Teilchen gilt auch immer noch wegen ihrer Kleinheit und grossen Zahl die praktische Unmöglichkeit, die Bewegung aller gleichzurichten. Darüber, dass die Ungeordnetheit der Wärmebewegung die wesentliche Ursache für die beschränkte Umwandelbarkeit der Wärme in mechanische Energie bildet, siehe z. B. Helmholtz, Vorlesungen, Band VI, pag. 253—261.

Das zuvor über das Verhältnis von Brown'scher Bewegung und eigentlicher Molekularbewegung, sowie auch andere Schwierigkeiten bei Betrachtungen über die Verwandlung von geordneter in ungeordnete Bewegung und die Unmöglichkeit völliger Rückverwandlung lassen sich m. E. durch folgende Ueberlegung beheben. Einerseits gibt es keine vollkommen reibungslosen Bewegungen, d. h. also vollkommen geordnete, bei denen nicht durch Reibung oder reibungsähnliche Vorgänge wenigstens ein kleiner Teil der geordneten Bewegung in ungeordnete überginge. Andererseits gibt es aber auch keine im Sinne der Theorie vollkommen ungeordnete Bewegung. Die „vollkommene Unordnung", wie sie theoretisch durch das Maxwell'sche Verteilungsgesetz der Geschwindigkeiten unter nicht bloss sehr viele, sondern unendlich viele Teilchen gegeben ist, ist zwar der wahrscheinlichste Zustand, kann aber in keinem Falle in der Natur völlig verwirklicht sein. Denn jede Verwandlung von geordneter Bewegung in ungeordnete, z. B. die Auflösung eines Gasstrahles zuerst in grössere, dann in kleinere und immer kleinere Wirbel und unregelmässige Bewegungen, verliert

nur asymptotisch den letzten Rest von Ordnung, bedarf also unendlich langer Zeit bis zu deren völligem Verlust. Da nun solche Umwandlungen allenthalben neu vor sich gehen, kann auch nirgends der Zustand völliger Ungeordnetheit der Bewegung, Boltzmann's wahrscheinlichster Zustand, in endlicher Zeit vollkommen erreicht werden. Dies hindert natürlich nicht, in theoretischen Ueberlegungen den Zustand vollkommener Unordnung für die Wärmebewegung als Postulat aufzustellen, was man ebenso darf, wie man vollkommen geordnete Vorgänge, frei von entstehender Unordnung, bei den reversiblen Prozessen theoretisch annimmt. Beides sind also nur Abstraktionen.

In analytischer Beziehung manifestiert sich der für die Wärmebewegung als vollkommen ungeordneter angenommene Zustand als ein nur idealer, niemals wirklicher, auch darin, dass er — wie schon oben hervorgehoben — nicht für sehr viele, sondern nur für unendlich viele, im Maxwell'schen Verteilungsgesetz formuliert werden kann. Bei dessen Ableitung findet immer an irgend einer Stelle der Beweisführung ein darauf bezüglicher mathematischer Uebergang statt.

Die wirklichen Vorgänge in der Natur können sich zwar beliebig einem der beiden idealen Grenzfälle der völligen Unordnung näheren, nie aber einem von ihnen völlig entsprechen, sondern liegen stets dazwischen. Um einen geometrischen Vergleich zu brauchen: wir bewegen uns bei den wirklichen Vorgängen auf einer Kurve, die mehr oder weniger grossen Werten der Ungeordnetheit der Bewegungen entspricht; diese Kurve verläuft nach zwei entgegengesetzten Richtungen ins Unendliche, sich zwei parallen Asymptoten nähernd, welche die ideale völlige Geordnetheit bezw. Ungeordnetheit der Bewegungen bedeuten, die wirklich beide nicht existieren.

Das Boltzmann'sche sogenannte H-Theorem, das die Bedeutung des zweiten Hauptsatzes formuliert, gibt an, dass endliche Zustandsänderungen immer nur in Richtung einer

Zunahme der Unordnung stattfinden können. Die Umwandlung von wirklicher Molekularbewegung in Brownsche Bewegung scheint mir im Sinne meiner obigen Ausführungen nur ein verschwindend kleiner Schritt in Richtung zunehmender Ordnung zu sein, sodass aus diesem Grunde ich in ihr noch keinen Widerspruch gegen Boltzmann's H-Theorem erblicke.

Uebrigens sei noch auf die Bemerkung Helmholtz' in seinen Vorlesungen Bd. VI, pag. 259 und 260 ausdrücklich hingewiesen, wo er Erwägungen darüber anstellt, ob nicht vielleicht in der organischen Natur direkte, teilweise Ordnung von ungeordneter Wärmebewegung stattfinden könne.

M. Seddig:

Bemerkungen zu einem Referate.

Mit Bedauern habe ich gehört, dass meine in der Dezembersitzung v. J. gemachte Bemerkung zu dem Referate in den Beiblättern z. d. Ann. d. Phys. (Bd. **30**, Nr. 16, pag. 829. 1906) missverstanden werden konnte.

Der Referent der Beiblätter schreibt an der eben angegebenen Stelle, Professor W. Holtz „reklamiere" mir gegenüber die Priorität der Darstellung elektrischer Kraftlinien (W. Holtz, Physikal. Zschr. VII. pag. 258—259; 1906). Ich vermag jedoch an der in Betracht kommenden Stelle keine „Reklamation" zu erkennen. Herr Professor Holtz konstatiert eben nur beiläufig mit einigen wenigen Worten innerhalb einer längeren Abhandlung, dass er und, bereits 1863, Reitlinger und F. Kraus elektrische Linienfiguren hergestellt haben; er behauptet nicht, dass ich ihm jemals die

Priorität streitig gemacht hätte; und er kann dies übrigens auch nicht, da ich seine Priorität in der Beobachtung solcher Figuren überhaupt stets deutlich anerkannt habe. Sie ist mir übrigens erst nach Vollendung meiner Versuche bekannt geworden.

In der früheren Bemerkung zu jenem Referate hatte ich, nur um den objektiven Tatbestand deutlicher hervorzuheben, noch besonders angeführt, dass zuerst ich diese elektrische Liniendarstellung zu recht vollkommenen und stets leicht anstellbaren Versuchen ausgebildet habe.

Herr Professor Holtz nahm bei seinen Versuchen vornehmlich Rücksicht auf die unterschiedliche Anordnung von verschiedenen, hineingestreuten Pulvern zwischen und an den Polen, d. h. ob sie sich „strahlig“, klumpenförmig usw. an dem einen oder anderen Pole sammelten; weniger aber von Teilchen mit hoher Dielektrizitätskonstante und deren noch nicht ausgebildete Anordnung zu Kraftlinien.

Sodann trug Herr F. Richarz vor:

Ueber die vermutliche Einatomigkeit von Metalldämpfen.

Unter den festen Elementen mit Atomgewichten kleiner als 40 befolgen nur Lithium, Natrium und Kalium das Gesetz von Dulong und Petit. Dass und warum kleines Atomgewicht die Abweichungen von diesem Gesetz begünstigt, habe ich bereits in meinen ersten Abhandlungen über die Theorie dieses Gesetzes[1]) gezeigt. Ebenso, dass grosses Atomvolumen der Erfüllung des Gesetzes günstig ist. Jene drei Alkalimetalle sind nun gerade diejenigen, die in der Curve der Atomvolumina der Elemente bis zum Atomgewicht 40 hinauf die Stellen der drei Maxima einnehmen, sodass sich auch darin meine Schlussfolgerung bestätigt findet. Nun zeigt sich, worauf ich weiterhin aufmerksam gemacht habe[2]), dass gerade die Elemente mit kleinem Atomvolumen, die die stärksten Abweichungen vom Gesetz von D. u. P. zeigen, auch diejenigen sind, welche allotrope Modificationen bilden, die man ja bekanntlich durch Zusammenballung der Atome zu Atomcomplexen verschiedener Art erklärt. Umgekehrt würden dann Elemente mit grossem Atomvolumen, wie Lithium, Natrium und Kalium, die deswegen auch das Gesetz von D. u. P. befolgen, einfache, nicht zu Complexen vereinigte Atome zunächst im festen Zustande haben. Es sind die 3 mit stärkstem metallischem Charakter unter den Elementen von Atomgewichten bis zu 40 hinauf. Weiter haben die Lösungen der Metalle in Quecksilber, die Amalgame, durch die Gefrierpunktserniedrigung Einatomigkeit der gelösten Molekeln ergeben. Endlich folgt aus den Dampfdichte-

1) F. Richarz, Sitz. Physik. Ges.. Berlin 24. II. 1893 Wiedem. Ann. 48, p. 708, 1893.

2) F. Richarz, Marb. Sitz.-Ber. Juli 1904, p. 63.

bestimmungen von Quecksilber, Cadmium, Zink, letztere von Viktor Meyer ausgeführt, in Verbindung mit dem Wert $\varkappa = (c_p : c_v) = {}^5/_3$ für das Verhältnis der spezifischen Wärmen bei Quecksilberdampf nach den Versuchen von Kundt und Warbnrg Einatomigkeit dieser Dampfmolekeln. Dass gerade allein für die 3 Metalle *Hg, Cd, Zn* die Dampfdichten bezw. $\varkappa$ direkt bestimmt worden war, liegt daran, dass der Siedepunkt von Quecksilber am niedrigsten unter allen Metallen, und der von *Cd* und *Zn* auch noch verhältnismässig niedrig liegt.

Alles zusammengenommen erschien es mir schon seit langem als wahrscheinlich, dass die **Dämpfe der Metalle** alle, oder meist, **einatomige Molekeln** besitzen. Diese Vermutung habe ich vor etwa einem Jahre bereits Professor F. A. Schulze und Dr. A. Wigand, später auch Dr. Hermann Wolff gegenüber ausgesprochen, und hatte dann Herrn Kollegen F. A. Schulze auch bereits vor einiger Zeit veranlasst, die Leitung bezüglicher Messungen des Herrn Kand. Wilhelm Wenz im hiesigen Institut zu übernehmen. Ueber die Methode und die Resultate dieser Messungen werde ich später berichten.

Schliesslich sprach Herr F. Richarz noch: über die **von ihm und Wilhelm Ziegler nachgewiesene Erhitzung von Elektrolyten an kleinen Elektroden bis zur Siedetemperatur;** zur Berichtigung von Herrn Paul Ludewig. —

Bei meinen Versuchen zur Bestimmung der galvanischen Polarisation bei grosser Stromdichtigkeit[1]) kam ich durch Beobachtung eigentümlicher Erscheinungen zu dem Schlusse, dass infolge der grossen Stromdichtigkeit die Flüssigkeit in der Nähe der kleinen Drahtelektrode so stark erhitzt werde, dass sie dort verdampfe, und infolge der sich bildenden

2) F. Richarz, Wied. Ann. **39**, p. 67 u. 201, 1890; **47**, p. 567, 1892.

Dampfhülle die Stromstärke auf einen sehr kleinen Wert sinke. Zur Kontrole meiner Schlussfolgerung veranlasste ich Herrn Wilhelm Ziegler[1]) zu Temperaturmessungen des Elektrolyten in der Nähe der kleinen Drahtelektrode vermittels eines dorthin gebrachten Thermoelementes. Er fand meine Erklärung jenes Phänomens bestätigt; denn aus seinen Versuchen ging zunächst hervor, dass wie vermutet die Erhitzung der Flüssigkeit wirklich bei Steigerung der Stromintensität bis zum Siedepunkt wächst; sodann bewiesen die Messungen von Herrn Wilhelm Ziegler, dass die Erscheinung der Stromunterbrechung stets gerade dann eintritt, wenn die Temperatur der Flüssigkeit bis zum Siedepunkt gestiegen ist.

Diese Erscheinung ist die erste Phase des Prozesses bei den elektrolytischen Stromunterbrechern; die bei ihr wesentliche Verdampfung des Elektrolyten tritt auch auf, wenn an einer anderen Stelle als an der Elektrode eine starke Querschnitts-Verengerung vorhanden ist, an welcher die Stromdichte sehr gross wird. Letzteres haben Herr Wehnelt[2]) und Herr H. Th. Simon[3]) gefunden.

Beide Herren haben, nachdem sie meine und Wilhelm Zieglers ältere Arbeiten über die Erhitzung der einer kleinen Elektrode anliegenden Flüssigkeitsschichten bis zum Verdampfen anfänglich übersehen hatten, später unsere Priorität in Bezug auf die Beobachtung und Erklärung dieser ersten Phase des Vorganges bei den elektrolytischen Unterbrechern selbst anerkannt[4])[5]).

In einer kürzlich veröffentlichten Göttinger Inauguraldissertation führt Herr Paul Ludewig zwar in der Literatur-

---

1) F. Richarz und Wilh. Ziegler, Wied. Ann. **63**, p. 261, 1897; Wilhelm Ziegler, Inaug.-Diss. Greifswald 1897.

2) A. Wehnelt, Wied. Ann. **68**, p. 262, 1899.

3) H. Th. Simon, Wied. Ann. **68**, p. 861, 1899.

4) A. Wehnelt, El. Techn. Ztschr., p. 187, Febr. 1899; P. Spiess u. A. Wehnelt, Verh. Deutsch. Physik. Ges. **I**, p. 53, 1899.

5) H. Th. Simon, Wied. Ann. **68**, p. 275, 1899.

zusammenstellung die Mehrzahl der bezüglichen Arbeiten von mir und Wilh. Ziegler an. Der vorstehend auseinandergesetzte Sachverhalt ist aber im Text teils nicht angegeben, teils irrig dargestellt, sodass ich mich ausser zu dem Hinweis auf das von mir soeben bereits Gesagte noch zu folgenden Berichtigungen im Einzelnen genötigt sehe.

Inwieweit ich die Bildung der Dampfhülle mit dem Leidenfrostschen Phänomen in Parallele gestellt habe, geht aus folgender Stelle[1]) einer meiner älteren Arbeiten hervor, an der ich sage, die Erscheinung sei „dem Leidenfrostschen Phänomen vergleichbar, indem das Wesentliche eine Dampfhülle ist, welche die Elektrode umgibt, und welche um so leichter auftritt, je grösser die Stromdichtigkeit ist. Während aber beim Leidenfrostschen Phänomen die Erhitzung der Unterlage des Tropfens das erste ist, und die Flüssigkeit von ihrer Unterlage her erwärmt wird, geschieht bei der Erscheinung an Elektroden die Wärmeentwicklung in der Grenzschicht der Flüssigkeit selbst, indem diese durch den Strom bis zur Siedetemperatur erhitzt wird. Eine einfache Rechnung ergibt, dass in 50prozentiger Schwefelsäure die Temperatur der Flüssigkeitsschicht, welche einer Drahtelektrode von 0,08 mm Dicke und 10 mm Länge unmittelbar anliegt, durch den Strom von 1 Amp., abgesehen von Fortführung der Wärme, in $^1/_7$ Sekunde bis zum Siedepunkt steigt[2])."

An der soeben zitierten Stelle meiner Habilitationsschrift[2]) hatte ich bereits diejenige Ueberschlags-Berechnung mit der richtigen Schlussfolgerung angestellt, welche 1897 auf meine Veranlassung Herr Wilhelm Ziegler in vollkommenerer Weise ausgeführt hat. Nach Herrn P. Ludewigs Erwähnung auf pag. 19 seiner Dissertation wäre eine solche Berechnung Klupathy 1902 zuzuschreiben, der aber falsche Schluss-

1) F. Richarz, Wied. Ann. 47, p. 579, 1892.
2) F. Richarz, Wied. Ann. 39, 1890, p. 83.

folgerungen aus ihr zog. Diese letzteren wollte bereits Herr Wilhelm Ziegler selbst berichtigen nach Versuchen, die er angestellt hatte über das Spannungsgefälle im Elektrolyten in der Nähe sehr kleiner Elektroden. Leider unterblieb die Publikation dieser und anderer Versuche von Herrn Wilhelm Ziegler in Folge seiner Berufung an die Universität zu Santiago in Chile. Sonst vielleicht, und wenn Herr P. Ludewig die Bemerkung des Herrn Wilhelm Ziegler[1]) und die Arbeit des Herrn K. Klüpfel[2]) gekannt hätte, würde Herr P. Ludewig den richtigen Sachverhalt gewusst haben.

---

1) Wilh. Ziegler, Wied. Ann. **69**, p. 718, 1899.

2) F. Richarz, Marb. Sitz.-Ber. Juli 1903, p. 47; Klüpfel, Inaug.-Diss. Marburg; Drudes Ann. **16**, p. 574, 1905, insbesondere die Stellen pag. 579 und 580.

In der ordentlichen Sitzung vom 13. November 1907 berichtete Herr W. Krauss über:

Anatomische Untersuchungen über die Venen der menschlichen Orbita.

Für die Erkenntnis der Pathogenese einer Reihe wichtiger Erkrankungen des Auges und der Augenhöhle ist es notwendig, die Art und Weise des Blutabflusses aus der Orbita genau zu kennen. Als Vortragender nun gelegentlich des Vorkommens hierher gehörender Krankheitsbilder, die er im Laufe der letzten Jahre an der Augenklinik zu beobachten Gelegenheit hatte, über die Anatomie der Orbitalvenen in den Hand- und Lehrbüchern sich zu unterrichten suchte, fand er, dass über eine Reihe von Fragen anatomischer und physiologischer Natur bei den Untersuchern weder Klarheit noch Uebereinstimmung herrschte. War doch, um einiges hervorzuheben, die Frage, ob die Orbitalvenen klappenlos seien oder nicht, ob und welche Verbindungen durch die untere Orbitalfissur hindurchgingen, wie die Verbindung der V. ophth. sup. mit dem sinus cavernosus zustande komme, wohin überhaupt der Abfluss des orbitalen Venenblutes erfolge, und anderes noch keineswegs entschieden, wie ein Blick auf die Arbeiten der beiden Hauptuntersucher dieses Gegenstandes, Sesemann und Gurwitsch, beweist. Da ausserdem diese Publikationen ziemlich weit zurückliegen, 1869 und 1883, erschien es lohnend, den vorliegenden Gegenstand zumal mit den Mitteln moderner Injektionstechnik — Radiographie! — einer erneuten Untersuchung zu unterziehen.

In Gemeinschaft mit Professor Zumstein hat nun Vortragender diese Aufgabe zu lösen versucht und berichtet über die dabei gewonnenen Resultate. Den Herren Geh. Gasser

und Geh. Küster gebührt besonderer Dank, da ersterer die Mittel des Instituts und letzterer das Leichenmaterial bereitwilligst zur Verfügung stellte.

Das untersuchte Material beläuft sich auf 17 Köpfe von Erwachsenen und eine Anzahl von Köpfen Neugeborener; im ganzen wurden 20 Köpfe mit 40 Orbitae injiziert; ein Material, das immerhin gewisse Schlüsse auf das allgemeine Verhalten der Orbitalvenen gestattet.

Was die Untersuchungstechnik anbelangt, so wurden die Köpfe der Erwachsenen präparatorisch verarbeitet und die der Neugeborenen nach entsprechender Zerkleinerung in Serienschnitte zerlegt und mikroskopisch untersucht. Stets wurden Injektionen der Venen vorausgeschickt, denn ohne solche ist eine genauere Darstellung des Venensystems unmöglich. Als Material dazu dienten schnell erhärtende Wachs- und langsamer erstarrende Leimlösungen, je nach dem Zwecke, der dabei verfolgt wurde. Diese Lösungen wurden von den verschiedensten Stellen aus injiziert, von den Vv. fac. ant., temporalis, jugularis, ophth. sup. selbst und vom Sinus cavernosus aus. Die Lösungen waren ein- und mehrfarbig und wurden gleichzeitig oder hintereinander eingespritzt; es ergaben sich aus der verschiedenen Art und Weise des Ablaufes der Masse und ihrer Verteilung auf bestimmte schärfer abgrenzbare Gefässgebiete schon gewisse Rückschlüsse auf das Verhalten beim Lebenden.

Da nun bei der Präparation besonders in der fettreichen Orbita die Gebilde eine nicht unwesentliche Verschiebung zu erfahren pflegen, wurde die Radiographie zu Hilfe genommen, indem von einer grossen Anzahl von Köpfen nach vorausgegangener Injektion der Venen mit einer alkoholischen Quecksilberoxydlösung Röntgenaufnahmen gemacht wurden. Dieses Verfahren gestattete neben der Darstellung des Venengebietes auch nach der Röntgenaufnahme noch eine genaue Präparation, da sich die Gefässe durch ihre gelb-rote Färbung vorzüglich aus dem umgebenden Gewebe heraus-

hoben. Es liegt auf der Hand, dass so die eine Methode eine wertvolle Kontrolle und Ergänzung der anderen ermöglichte.

Die Resultate der Untersuchungen sind auf zwei Tafeln verbildlicht, welche die Verhältnisse sowohl beim Blick von temporal als auch von oben in die Orbita schematisch darstellen. Vortragender erklärt dieselben im einzelnen und hebt aus der Beschreibung des orbitalen Venensystems, die an anderer Stelle eine ausführlichere Wiedergabe finden wird, die wichtigsten Resultate hervor, die teils bisher noch strittig waren, teils noch nicht die nötige Beachtung gefunden haben, und zwar folgende:

1. Sämtliche Venen der Orbita sind in der Rege klappenlos und nach allen Richtungen für den Blutstrom frei passierbar.

2. Die Summe der orbitalen Abflusswege ist nach vorn dem Gesicht zu eine grössere als nach hinten.

3. Durch die untere Orbitalfissur treten nur ausnahmsweise grössere venöse Gefässe in die Fossa pterygopalatina aus; meist sind sie klein und unbedeutend.

4. Die Verbindung zwischen V. ophth. sup. und Sinus cav. stellt sich meist insoweit anders dar wie gewöhnlich angegeben wird, als sie einen deutlich im Bereich der oberen Orbitalfissur absteigenden Verlauf und eine wesentliche Verengerung aufweist. Auch steht nicht selten das Venensystem der Orbita durch Anastomosen mit oder ohne Vermittelung des Sinus alae parvae mit den Meningealvenen und der V. fossae Sylvii in Verbindung.

5. Die drei grössten Venen der Orbita, von denen die V. ophth. inf. inkonstant und variabel ist, sind durch zahlreiche Anastomosen mit einander verbunden und bilden insgesamt einen mehr oder weniger geschlossenen Ring um den Bulbus, in den sich meist auch die Vortexvenen ergiessen. Auf diese Weise ist stets bei den verschiedensten Stellungen des Kopfes für einen allseitig freien Abfluss aus Orbita und Auge gesorgt.

Auch die V. centr. ret. steht meistens direkt oder indirekt mit diesem Anastomosenring in Verbindung.

6. Ueber die physiologische Frage, wohin nun der Venenabfluss der Augenhöhle stattfindet und von welchen Umständen seine Richtung bestimmt wird, sind Untersuchungen im Gange.

Vortragender demonstriert die einschlägigen Befunde an einer Reihe stereoskopischer Röntgenbilder vom Orbitalvenensystem des Erwachsenen und histologischer Präparate, die Injektionsserienschnitte durch die Augenhöhlen von Neugeborenen darstellen. Besonders interessant sind die Röntgenbilder von einem der Fälle, bei denen sich ausgedehnte variköse Erweiterungen der Orbitalvenen fanden.

Aufgelegte Schriften:

Braunschweig	Programm der techn. Hochschule pro 1907/8	1907
Brünn	Lehrerklub f. Naturkunde, 8. Bericht	1907
Dresden	Isis. Sitzungsbericht 1906 Juli/Dezember	1907
Giessen	Oberhess. Ges. f. Naturkde. a) Bericht. Naturwiss. I. b) do. Mediz. II.	1907
Halle a. S.	Leopoldina 1907 Nr. 7/8	1907
Linz a. D.	Museum Franc-Caol. 65. Jahresbericht	1907
Lüneburg	Naturwiss. Verein. Jahreshefte XVII.	1907
Frag	Lotos a) Sitzungsberichte NF. 26. Bd.	1906
	b) Zeitschrift Naturwiss. N.F. 1. Bd. 1/3	1907
Stuttgart	Verein f. Naturkde.	
	a) Jahreshefte 63. Jahrg.	1907
	b) 2 Beilagen (geolog. u. pflanzengeog.)	1907
Wien	Geolog. Reichsanstalt. Verhandlungen 1907 Nr. 7/10	1907
Würzburg	Physik.-med. Gesellschaft Sitzungsberichte 1906 Nr. 1/7	
Lissabon	Société portugaise etc. Bulletin I. 1	1907

Roma	Accad. dei Lincei Atti XVI 1/4	1907
St. Petersburg	Acad. des sciences. Bulletin VI. Nr. 13	1907
Lima	Cuerpo de Ingenieros de minas. Nr. 47/49	1907
Bergen	Museum. Aarbog. 1907	1907
Bergen	Museum: Sars Crustacea V. Bd. 17/18	1907
Albany	a) New-York state Museum 57th report (1903) III. u. IV. Bd. geb. 4^{0}	1905
	b) 58th report Bd. 1—5 in 8^{00} geb.	1906
Boston	The America Naturalist Nr. 488	1907
Chicago	Academy of sciences: Bulletin Nr. IV 2. u. VI	1907
Davenport	do. do. Proceedings XI. Bd. pag. 125/417	1907
Manchester	Literary society: Memoirs 51. Bd. III. J.	1907
Missoula	University of Montana. Bulletin Nr. 40 u. 42	1907
Lincola	do. of Nebraska: do. VII. 1^{0}	1907
New-Haven	Connecticut Academy. Transactions XII u. XIII pag. 1/46	1907
New-York	Public library; Bulletin XI. 7/8	1907
Philadelphia	Am. phil. society: Proceedings Nr. 185	1907
Washington	I. Smithsonian institution	
	a) 24. Annual report of Am. ethnology, 1902/3 in 4^{0} geb.	1907
	b) Miscellaneous Collections 50. u. 48. Bd. (Publ. Nr. 1695/1703)	1907
	c) Miscellaneons Parts of. 49. Bd. (Nr. 1720/21)	1907
	II. Carnegie Institution. Maccurdy u. Castle Selection etc. 70	1907
	III. Departement of agriculture Yearbook 1906 geb.	1907
	IV. Geological survey	
	a) Professional paper Nr. 57. 4^{00}	1907
	b) Water-Supply Nr. 190—194; 196, 200	1907
	c) Bulletin Nr. 287, 294, 296, 300, 308, 312, 314, 315	1907
	Amer. Acad. of arts und sciences Proceedings 43. Bd. Nr. 1/3	1907

Sitzungsberichte
der
Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften
zu
MARBURG

№ 9 | Dezember | 1907

In der Sitzung vom 11. Dezember berichtete Herr E. Korschelt:

Ueber Regenerations- und Transplantationsversuche an Anneliden (Limicolen und Lumbriciden).

I. Regeneration bei Lumbriculus und Tubifex.

Die Versuche, über welche in der Sitzung vom 31. Juli d. J. berichtet wurde, sind von Herrn C. Müller weiter fortgesetzt und unterdessen ziemlich zum Abschluss gebracht worden, sodass die damals gemachten Mitteilungen einer Ergänzung bedürfen. Wie in dem früheren Bericht betont wurde, sollte vor Allem geprüft werden, wie weit die Regenerationsfähigkeit bei den als besonders geeignete Objekte geltenden limicolen Oligochaeten (Lumbriculus und Tubifex) geht. In dieser Hinsicht sei in Anlehnung an den früheren Bericht folgendes mitgeteilt:

Kopfregeneration. Für die Neubildung des Kopfes, die sich unter den bereits mitgeteilten Bedingungen vollzieht,

ist hinzuzufügen, dass sie bei Lumbriculus variegatus an ein und demselben Wurm

vom Oktober 1906 bis Dezember 1907: 17 mal
vom April 1907 bis Dezember 1907: 21 mal

mit Erfolg vorgenommen werden konnte.

Bei Tubifex rivulorum konnten aufeinander folgende Kopfneubildungen vom Oktober 1906 bis Dezember 1907 nur 6 mal, vom April 1907 bis Dezember 1907 nur 7 mal an ein und demselben Wurm erzielt werden. Die Gründe für dieses weniger günstige Verhalten sind in der ersten Mitteilung angegeben worden.

Schwanzregeneration. Die Regeneration des Hinterendes vollzieht sich bekanntlich leichter; die Fähigkeit zur Neubildung ist in dieser Beziehung eine weiter gehende. Bei ein und demselben Tier vom Lumbriculus wurde sie erzielt:

vom Oktober 1906 bis Dezember 1907: 31 mal
vom April 1907 bis Dezember 1907: 42 mal

Bis zu den letzten Operationen hatten die Stücke allmählich an Umfang ziemlich abgenommen und zwar bis zu 9 Segmenten. Nachdem an solchen Stücken bei dem gleichen Segmentbestand die Regeneration noch wiederholt (bis zu sechsmal) versucht worden war, hielten diese Stücke die Wiederholung des Versuchs nicht aus; ihre Zahl wurde immer geringer und sie waren schliesslich nicht mehr aufzufinden, also zu Grunde gegangen.

Es braucht kaum besonders erwähnt zu werden, dass alle die aufgeführten Versuche immer mit einer grösseren Zahl von Würmern angestellt wurden, so dass die hier mitgeteilten Angaben über Kopf- und Schwanzregeneration, sowie die übrigen, der Summe der darauf bezüglichen zahlreichen Beobachtungen entsprechen. Das genauere hierüber wird von Herrn C. Müller in seiner ausführlichen Arbeit mitgeteilt werden.

Bei Tubifex ergaben sich als Zahlen für die an ein und demselben Individuum aufeinander folgende Schwanzregeneration:

vom Oktober 1906 bis Dezember 1907: 31 mal
vom April 1907 bis Dezember 1907: 40 mal

Das Ende dieser Versuche wurde bei Tubifex auf ähnliche Weise herbeigeführt, wie es soeben für Lumbriculus darzustellen war.

Die auffallende Verschiedenheit der bei der ersten (Winter- und Sommer umfassenden) Versuchsreihe erhaltenen Regenerations-Zahlen von denjenigen der zweiten (Frühjahr bis Herbst bezw. Winter erzielten) Versuchsreihe erklärt sich zum Teil aus den rascher nach einander vorgenommenen Operationen, zum Teil aber auch daraus, dass die Würmer der ersten Versuchsreihe, als sie in eine der Regeneration günstigere Jahreszeit kamen, durch die von Oktober bis April an ihnen vorgenommenen Operationen wohl bereits eine gewisse Schwächung erlitten hatten, die mit einer Verminderung ihrer Regenerationskraft verbunden war. Wie die vorgenannten Zahlen zeigen, bezieht sich dies auf die Kopf- und Schwanzregeneration sowohl bei Lumbriculus wie Tubifex. Genaueres hierüber kann erst in der ausführlichen Arbeit selbst mitgeteilt werden.

Einer Anzahl von Versuchstieren wurde immer im Verlauf von je 14 Tagen erst das (aus ca. 20 Segmenten bestehende) Schwanzende, dann immer das Regenerat mit 1 bis 2 alten Segmenten entfernt und zwar sowohl bei Lumbriculus wie bei Tubifex. Jedesmal zeigten sich nach Verlauf von 14 Tagen durchschnittlich 25 Segmente neu gebildet. Dies geschah vom Februar bis Dezember 1907 in 22 aufeinander folgenden Malen. Die Versuche sind noch nicht ganz abgeschlossen. Wurde das Regenerat ungehindert am Körper belassen, so entstanden durchschnittlich in zwei Wochen 25, in vier Wochen 50, in sechs Wochen 75 und in acht Wochen 100 neue Segmente.

Kopf- und Schwanzregeneration. Bei gleichzeitigem Verlust des Kopf- und Schwanzendes konnte für Lumbriculus vom April 1907 bis Dezember 1907 eine 20malige Regeneration erzielt werden.

Regeneration an Regeneraten. In der bei den früheren Versuchen (Juli d. J.) geschilderten Weise wurden genügend lange und segmentreiche Schwanzregenerate vom Körper des Lumbriculus abgetrennt und mit ihnen weitere Versuche unternommen, nachdem sie einen neuen Kopf gebildet hatten. Unter Beibehaltung dieses neuen Kopfendes erfolgte die Regeneration des Schwanzendes vom April 1907 bis Dezember 1907: 22mal. Die Regeneration des Kopfendes unter Beibehaltung des zuerst regenerierten Schwanzendes geschah vom April 1907 bis Dezember 1907: 20mal. Die Versuche sind abgeschlossen, indem die aus etwa zehn Segmenten bestehenden Stücke allmählich zu grunde gingen.

Bezüglich der weiteren Versuche der Erzielung von Regeneration an Regeneraten sei auf das früher Mitgeteilte verwiesen. Erwähnt sei nur noch, dass der aus einem Regenerat gebildete Wurm wie das normale Tier in eine Anzahl Stücke zerlegt werden kann, die sich zu neuen Würmern ergänzen.

Zerlegung des Wurms in eine Anzahl von Teilstücken. Von der Zerstückelung des Lumbriculus in 8 bis 23 Teile war bereits in dem ersten Berichte die Rede. Diese Stücke leben weiter, indem sie ein neues Vorder- und Hinterende bilden. Auch die aus nur wenigen Segmenten bestehenden Stücke scheinen zu einem vollständigen Wurm heranzuwachsen. In dieser Hinsicht würde Lumbriculus ein günstiges Objekt für die Entscheidung der Frage sein, ob sich auch die Genitalregion neu zu bilden vermag, d. h. ob Keimdrüsen in solchen Würmern auftreten könnten, die durch Regeneration nach vorn und hinten aus einem andern Körperteil hervorgegangen sind. Bekanntlich sind jedoch

Lumbrikeln mit Genitalorganen nur ganz selten aufzufinden. Bei dem im hiesigen Institut ausgeführten Versuchen sind jedenfalls niemals solche beobachtet worden.

Von den aus nur drei Körpersegmenten bestehenden Stücken wurde schon früher mitgeteilt, dass sie nicht nur einen Kopf und ein segmentreiches Hinterende zu bilden vermögen, sondern sich nach vollzogener Regeneration wieder in eine Anzahl von Teilstücken zerlegen lassen, die dann abermals in gleicher Weise regenerieren. — Die in gleicher Richtung fortgesetzten Versuche ergaben, dass aus nur zwei Segmenten bestehende Stücke (aus einer dafür geeigneten Körperregion des Lumbriculus) im Verlauf von vier Wochen ein aus 6—7 Segmenten bestehenden Kopfregenerat, sowie ein Schwanzende von 18—22 Segmenten zu bilden vermögen. Stücke, die nur aus einem Segment bestehen, lieferten nur ausnahmsweise ein aus mehreren Segmenten gebildetes Kopfregenerat, leichter hingegen (aus etwa 12—16 Segmenten zusammengesetzte) Schwanzregenerate. Bei der geringen Grösse dieser letzteren Teilstücke stehen ihrer Züchtung gewisse Schwierigkeiten entgegen, welche die Erlangung besserer Ergebnisse ungünstig beeinflussen dürften.

In letzterer Beziehung sind ähnliche Versuche zu erwähnen, die ganz neuerdings S. Morgulis an Lumbriculus angestellt hat[1]) und die uns erst kürzlich bekannt wurden, als Herrn Müllers Versuche schon grösstenteils abgeschlossen waren. Bei einem seiner Versuche, Lumbriculus in eine Anzahl von Teilstücken zu zerlegen, wurden auch Stücke von nur einem (aus der vorderen Körperhälfte stammenden) Segment hergestellt und diese vermochten ein Kopfregenerat von sechs Segmenten, sowie ein Schwanzregenerat zu bilden. Wenn sich das so verhielt, müssen über den einen in dieser Hinsicht ausgeführten, aber nicht eingehender beschriebenen Versuch besondere Glücksumstände

1) Journal of Experimentat Zoology. Vol. IV, S. 549, 1907.

gewaltet haben, denn Herrn Müllers Versuche liessen aus einsegmentigen Stücken nur unter recht grossen Schwierigkeiten Regenerate am Vorder- und Hinterende hervorgehen. Die Schwierigkeiten ergaben sich vor allem aus der Aufbewahrung der Stücke in schlammhaltigem Wasser und aus dem Wiederaufsuchen in diesem; in reinem oder filtriertem Wasser liessen sich aber diese Teilstücke nicht halten, sondern gingen in höchstens zwei Tagen darin zu grunde.

Die Angaben von Morgulis, nach welchen Stücke aus 2—5 Segmenten nach vorn und hinten regenerieren, entsprechen den von C. Müller gemachten Beobachtungen, nur finden sich in den Zeitangaben merkwürdige Verschiedenheiten. Solche Stücke konnten nach Morgulis Beobachtung schon in fünf Tagen (vom 14. bis zum 19. Oktober) ihren Kopf und Schwanz neu bilden, während dies bei den entsprechenden, hier angestellten Versuchen erst in einigen (3—5 Wochen) geschah.

Die kleineren Stücke scheinen zur Bildung von Heteromorphosen zu neigen, indem einige solche mit einem Schwanz am vorderen und hinteren Ende aufgefunden wurden. Ueber diese, wie über andere von ihm erzielte Abnormitäten wird Herr Müller in seiner ausführlichen Arbeit selbst berichten; auch sei in dieser Beziehung auf die Mitteilung vom Juli d. J. verwiesen.

---

2. Transplantationsversuche zur Prüfung der Polarität des Annelidenkörpers.

Bei den ebenfalls im Zoologischen Institut von Herrn C. Ruttloff vorgenommenen Transplantationsversuchen handelte es sich vor allem darum, ob es möglich ist, Teilstücke des Körpers in umgekehrter Richtung dauernd funktionsfähig mit diesem zu vereinigen oder die Polarität des Körpers

in anderer Weise, etwa dadurch zu überwinden, dass man ihn gewissermassen zwingt, an bestimmten Stellen andere als die dorthin gehörigen Teile neu zu bilden. — Ausgeführt wurden die Versuche mit den bei uns häufigen Regenwurmarten: Lumbricus terrestris L. (L. herculeus Duges), Helodrilus longus Ude (Allolobophora terrestris Sav.) u. a.

Ueber derartige Transplantationsversuche berichtete ich an dieser Stelle bereits vor einer Reihe von Jahren, bald nachdem sie im hiesigen Institut von E. Joest begonnen und erfolgreich durchgeführt wurden. Durch seine und meine eigenen Versuche war gezeigt worden, dass bei den mit gleichnamigen Polen, also in umgekehrter Richtung vereinigten Teilstücken, z. B. zwei mit den oralen Polen verbundenen Schwanzenden, eine Verwachsung der entsprechenden Organe (Darmkanal, Blutgefässe, Ganglienketten u. s. w.) eintritt und im Nervensystem eine Reizleitung von einem zum anderen Teilstück stattfindet.[1]) Ich konnte weiterhin zeigen, dass dies auch bei drei miteinander zum Teil in umgekehrter Richtung vereinigten Teilstücken (Verbindung eines Mittelstücks mit zwei Schwanzenden) der Fall ist. Auf die Dauer lebensfähig sind solche Vereinigungen natürlicher Weise nicht und es war die Frage, ob sich eine dauernd funktionsfähige Vereinigung erzielen liesse, wenn man etwa zwischen ein Vorder- und Endstück in umgekehrter Richtung ein Mittelstück einpflanzte. Solche Versuche wurden von Herrn Ruttloff in grösserer Zahl unternommen. Das ist nicht ganz leicht und es gehört ziemlich viel Ausdauer dazu, die drei

---

1) E. Korschelt: Bericht über Joests Transplantationsversuche an Regenwürmern. Sitz.-Ber. Naturforsch. Ges. Marburg 1895. — E. Joest: Transplantationsversuche an Lumbriciden. Arch. f. Entw. mech. 5. Bd. 1897. — E. Korschelt: Regenerations- und Transplantationsversuche an Lumbriciden. Verhandl. D. Zool. Ges. 1898. — O. Rabes: Transplantationsversuche an Lumbriciden. Arch. f. Entw mech. 13. Bd. 1901.

Stücke zur endgiltigen Verwachsung zu bringen und am Leben zu erhalten. Bei einer Anzahl von Versuchen erwies sich dies als ausführbar. Sie sollen hier nicht im einzelnen besprochen, sondern nur in ihren Ergebnissen betrachtet werden.

Das Ergebnis der Einfügung eines invers gerichteten Mittelstücks zwischen ein Vorder- und Hinterende ist nicht nur eine völlige äussere Verwachsung, sondern auch eine innige Verschmelzung der entsprechenden inneren Organe, obwohl sich diese mit gleichnamigen Polen, d. h. also in unnatürlicher Stellung berühren. Das inverse Mittelstück liess insofern eine Einbeziehung in den Körper erkennen, als das Bauchmark eine durchgehende Reizleitung zeigte und eine entsprechende Verbindung des Darmkanals, der Blutgefässe, des Hautmuskelschlauchs u. s. f. erfolgt und also eine grosse Einheitlichkeit zwischen den entgegengesetzt gerichteten Teilen eingetreten war. Leider zeigte das Verhalten des Darmkanals gewisse Schwierigkeiten, die eigentlich insofern von vornherein nicht zu erwarten waren, als die Verwachsung der Darmwand auch bei umgekehrt vereinigten Stücken glatt zu erfolgen pflegt. Während nämlich an der ersten Vereinigungsstelle da, wo der aborale Pol des Vorderstücks mit demjenigen des Mittelstücks zusammenstösst, nicht nur die Darmverwachsung, sondern auch die Darmkommunikation leicht eintritt, scheint letzteres an der zweiten Verwachsungsstelle (Vereinigung der oralen Pole) mit Schwierigkeit verbunden zu sein. Die Nahrungsballen, welche die vordere Verwachsungsstelle ungehindert passieren, stauen sich vor der zweiten und vermögen in den hinteren Darmabschnitt nicht einzudringen, der infolgedessen ganz leer erscheint.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt, dass an dieser Stelle ansehnliche Verdickungen und Faltenbildungen am Darmepithel stattfinden und dadurch das Lumen stark verengt oder gar zum Schluss gebracht wird. Dieses Verhalten stimmt mit den von Rabes (a. a. O. S. 316) an vereinigten Schwanzstücken gemachten Beobachtungen überein, wonach

die Darmvereinigung an den oralen Polen später, sowie auch unregelmässig und unvollständig eintritt, dabei wird das Lumen unter Umständen bis auf einen schmalen Spalt verengert und ausserdem treten auffallende Bindegewebswucherungen in der Umgebung der Darmvereinigungsstelle auf, welche in dieser Region einen grossen Teil der Leibeshöhle erfüllen. An der vorderen Vereinigungsstelle ist derartiges nicht zu bemerken. also scheint die Verwachsung aboraler Enden leichter und besser zu erfolgen. Möglicher Weise liegt der Grund darin, dass die nach hinten gerichteten peristaltischen Bewegungen die Verwachsung befördern und erleichtern, während beim Zusammentreffen oraler Enden (infolge der entgegen gesetzten Richtung der Peristaltik) das Gegenteil der Fall ist. In dieser Beziehung dürfte ein Fall von Interesse sein, in welchem der $2^1/_3$ Monat nach der Operation getöte Wurm ein Zurückweichen des vorderen Darmendes und infolgedessen einen frühzeitig, schon vor der Verwachsung eingetretenen Verschluss des Darmes an der zweiten (hinteren) Vereinigungsstelle zeigte. Wäre es später, wie vielleicht anzunehmen ist, noch zur Verwachsung dieses blindgeschlossenen mit dem anderen Darmende gekommen, so würde in diesem Fall eine Kommunikation der beiden Darmhöhlen von Anfang an verhindert gewesen sein; eine nachträgliche Resorption der trennenden Scheidewand ist wenig wahrscheinlich. Das Ausbleiben der normalen Darmverbindung hindert also vorläufig dessen normales Funktionieren, doch besteht die Aussicht, diese Schwierigkeit in anderer Weise zu überwinden. Jedenfalls werden die Versuche noch fortgesetzt.

Von grösserem Interesse als die Einfügung des Mittelstückes dürften diejenigen Versuche sein, bei denen es sich darum handelt, an dem aboralen Körperende die Neubildung eines Kopfes zu erzielen. Dahin gerichtete Versuche waren schon von E. Joest angestellt worden, indem er zwei Würmer, denen nur wenige vordere Körperringe fehlten, mit den oralen Enden vereinigte und in Er-

wägung zog, ob nicht beim Entfernen des einen Wurmes unweit der Verwachsungsstelle anstatt der abgeschnittenen hinteren Körperpartie (unter dem Einfluss des grösseren Komponenten) vielleicht ein Kopf zur Ausbildung käme, welcher dann die vorhandenen Teile (den grösseren Komponenten und das Pfropfstück) zu einem vollständigen Wurm ergänzt hätte. Dies, wenn auch nicht vollständig, aber immerhin bis zu einem gewissen Grade zu erreichen, gelang A. P. Hazen bei den von ihr aufgenommenen Versuchen; bei einem von diesen wurde ein vom 3. bis 8. Segment reichendes Vorderstück einer *Eisenia foetida* mit dem oralen Pol dem oralen Pol eines (der vorderen 31 Segmente entbehrenden) Hinterstücks derselben Regenwurmart aufgepflanzt. Am freien aboralen Ende entstand ein zwar nicht normales Kopfregenerat, aber immerhin ein solches, das nach seiner äusseren und inneren Beschaffenheit als Kopf angegesehen werden dürfte.[1])

Es sollte Herrn Ruttloffs Aufgabe sein, festzustellen, ob es nicht möglich sei, die damals von Joest begonnenen Versuche fortzusetzen und auf diesem Wege normal ausgebildete Köpfe von wirklicher Funktionsfähigkeit zu erzielen. Auch hierzu gehörte recht grosse Ausdauer, denn die sich darbietenden Schwierigkeiten sind nicht unerhebliche, wie sich schon bei unseren früheren Versuchen, ebenso wie bei denjenigen von Hazen gezeigt hatte. Die meisten Vereinigungen fallen der einen und der anderen Schädlichkeit zum Opfer oder zeigen schliesslich keine Regeneration. Es musste also eine grosse Zahl von Versuchen angestellt werden. Bisher dürfen drei dieser Versuche als gelungen bezeichnet werden, die hier nur kurz charakterisiert werden sollen und bezüglich deren genauerer Ausführung auf Ruttloffs spätere Darstellung verwiesen wird:

---

1) A. P. Hazen: The regeneratien of a head instead of a tail in an earthworm. Anatom. Anzeiger, 16. Bd., S. 536, 1899.

1. Versuch. Zwei Würmer (ein *Helodrilus longus* und ein *L. terrestris)* denen die drei vorderen Segmente fehlten, wurden mit den oralen Enden vereinigt; nach erfolgter Verwachsung wurde der eine Wurm *(H. longus)* bis auf vier Segmente verkürzt. Einem fast vollständigen Wurm sass also jetzt ein in umgekehrter Richtung aufgepflanztes Pfropfstück auf, das aus dem 4. bis 7. Segment des anderen Wurms bestand. An seinem freien (aboralen) Ende entwickelte es schon nach kurzer Zeit ein aus drei Segmenten bestehendes Regenerat, das äusserlich, wie ein Kopf aussah und sich auch innerlich als Kopfstück zu erkennen gab, als es nach $3^1/_2$ Monaten mikroskopisch untersucht wurde. Die ventral gelegene Mundöffnung geht in den Pharynx bezw. Vorderdarm (des Regenerats) über und dieser setzt sich in den des Pfropfstücks fort, der seinerseits wieder mit dem Vorderdarm des Hauptstücks in direkter Verbindung steht. Ueber dem Vorderdarm liegt ein gut ausgebildetes oberes Schlundganglion, von welchem aus die beiden Schlundkommissuren nach den ventral vom Darm liegenden unteren Schlundganglion hinziehen; an letzteres setzt sich das Bauchmark an, welches seine Fortsetzung nach hinten in das Bauchmark des Hauptstücks findet.

Am oboralen Pol des Pfropfstücks ist also ein Kopf entstanden, der nunmehr das Vorderende eines aus ihm, dem invers gerichteten Pfropfstück und dem langen Hauptstück bestehenden Wurmes darstellt. Das Pfropfstück gehört ausserdem einer anderen Art an.

2. Versuch. Einem *Helodrilus longus*, dem die 26 vorderen Körpersegmenten fehlten, wurde ein aus den 4. bis 7. Vordersegmenten bestehendes Pfropfstück derselben Art so aufgepflanzt, dass die oralen Pole zur Verwachsung kamen. Am freien (aboralen) Ende entstand ein vier Segmente zählendes Regenerat, welches Kopflappen wie Mundöffnung besass und äusserlich noch deutlicher als das vorige einem Kopf entsprach. Auch die mikroskopische Untersuchung zeigte in

diesem Fall ganz besonders ausgesprochen die Kopfnatur des Regenerats; es war ein stark muskulöser Pharynx vorhanden, der in den Oesophagus überging und mit den entsprechenden Darmpartien des Pfropf- und Hauptstücks in Verbindung stand. Nahrungsballen im Vorderdarm, die ihrer Beschaffenheit nach nur von aussen dahin gekommen sein konnten, zeigten, dass diese Organe wie der Mund in Funktion gewesen waren. Gehirn, Schlundkommissuren und unteres Schlundganglion waren in guter Ausbildung vorhanden; letzteres setzte sich in das Bauchmark und durch das Pfropfstück in das Hauptstück fort. Dieser Kopf steht somit hinter einem normalen kaum zurück.

3. Versuch. Auch bei diesem Versuch wurde ein aus dem 4. bis 7. Segment bestehendes Vorderstück in geeigneter Weise durch seinen oralen Pol mit dem Oralende eines, der vorderen 20 Segmente beraubten *H. longus* zur Verwachsung gebracht; daraufhin entstand am freien, oralen Ende des Pfropfstücks ein Regenerat (von fünf Segmenten). Wenn sich dieses auch nicht so deutlich, wie in den beiden vorhergehenden Fällen als Kopfregenerat zu erkennen gibt, ist es dennoch ein solches, denn Mundöffnung und Vorderdarm sind vorhanden; über letzterem liegt ein gut ausgebildetes oberes Schlundganglion; ein unteres Schlundganglion allerdings und ein Bauchmark sind nicht da, sondern dieses wird nur durch einige Nervenstränge angedeutet, die mit dem Bauchmark des Pfropfstücks in Verbindung stehen, bezw. von ihm ausgehen. Als eine Kopfbildung gibt sich also auch das Regenerat dieses dritten Versuchs zu erkennen.

Durch die drei Versuche wird somit die Tatsache erläutert, dass bei Lumbriciden am aboralen Pol des Körpers eine Kopfbildung erfolgen kann, allerdings in einer sehr weit vorn gelegenen Region. Da die Kopfbildung an einer nach hinten gerichteten Wundfläche sonst nicht eintritt, d. h. derartige heteromorphe Kopfbildungen ungewöhnlich sind, so liegt die Annahme immerhin nahe, dass sie in den vorliegenden

Fällen durch die Verbindung des kurzen, invers gerichteten Pfropfstücks mit dem Vorderende des (der vorderen Segmente entbehrenden) Hauptstücks zu stande gekommen sein könnte. Jedenfalls hat man es mit einer Abweichung von der Polarität und mit der gleichzeitigen Einbeziehung eines invers gerichteten Stückes in den Körper zu tun, indem dieser anscheinend wieder zu einer gewissen Vollständigkeit ergänzt wird und die Organe der Neubildung mit denen des aufgepfropften und Hauptstücks in einen, dem normalen Wurme ungefähr entsprechenden Zusammenhang treten.

Hierauf berichtete Herr F. Schenck über:

I. Apparat zur Mischung von Spektralfarben.

Der Apparat enthält zunächst die übliche Versuchsaufstellung zur Demonstration der Mischung von Spektralfarben mit Hilfe der Projektionslampe, nämlich:

Von einem, durch das Licht einer Bogenlampe beleuchteten Spalt wird mittels eines ersten Objektivs und eines Geradsichtig-Prismas ein objektives Spektrum entworfen. An dem Orte des Spektrums ist ein Schirm mit mehreren Spalten aufgestellt, die so eingestellt werden, dass sie die zu mischenden Spektralfarben durchlassen.

Dicht vor das Prisma, d. h. da wo die Strahlen verschiedener Wellenlänge noch zusammen liegen, wenn sie auch verschieden gerichtet sind, wird ein Schirm mit einem kreisrunden Loch aufgestellt und von diesem Loche wird durch ein zweites, vor dem Orte des Spektrums aufgestelltes Objektiv ein Bild auf dem weissen Projektionsschirm entworfen; in dem so entstandenen beleuchteten Felde auf dem Projektionsschirm sind die durch die Spalte durchgelassenen Spektralfarben wieder vereinigt zu der gewünschten Mischung.

Diese bekannte Versuchsaufstellung ist nun in folgender Weise vervollkommnet worden:

1. Statt des Kondensors wird zur Konzentration des Bogenlichtes auf dem Spalt eine Zylinderlinse genommen, die

Zylinderaxe parallel zur Längsrichtung des Spaltes gerichtet, weil so eine überall gleichmässige Beleuchtung des Bildfeldes auf dem Projektionsschirm garantiert wird. Bei Verwendung der üblichen Kondensorlinsen tritt nämlich leicht ungleichmässige Beleuchtung auf, weil ein wenn auch verwaschenes Bild des Lichtbogens entsteht.

2. Statt des Loches in dem Schirm vor dem Prisma wird eine Irisblende verwendet. Dadurch ist es ermöglicht, die Grösse des Bildfeldes auf dem Projektionsschirm bequem zu variieren, was bei der Demonstration der Mischungen und insbesondere bei der Prüfung auf Farbenanomalien von erheblicher Bedeutung ist. Die Feldgrösse kann ich so bei meiner Versuchsaufstellung bis zu 10 cm Durchmesser erhalten.

3. In dem Schirm, der an dem Orte des objektiven Spektrums aufgestellt wird, habe ich vier Spalte angebracht, ein Paar obere und ein Paar untere Spalte. Die Spalte sind auf vier beliebige Spektralregionen einstellbar; jeder von ihnen kann ausserdem durch eine Mikrometerschraube verschieden breit gestellt werden. Um nun aber nicht bloss ein einziges Bildfeld für die Mischung zu erhalten, sondern um auch Gleichungen von Gemischen beobachten zu lassen, können vor drei Spalte kleine Prismen vorgeschoben werden, so dass das Licht, das durch ein mit Prisma versehenen Spalt geht, eine andere Stelle des Projektionsschirms beleuchtet, als das Licht, das durch einen Spalt ohne Prisma geht. Um ferner auch bei gleichbleibender Spaltbreite die Intensität des von einem Spalte gelieferten Lichtfeldes variieren zu können, ist bei jedem Spalte ein Schieber angebracht, der in der Längsrichtung über den Spalt mehr weniger weit vorgeschoben werden kann, so dass der Spalt mehr weniger abgedeckt wird und dementsprechend mehr weniger Licht zur Beleuchtung des Feldes liefert.

Der Apparat ermöglicht also bei einer Feldgrösse bis zu 10 cm Durchmesser die Vergleichung eines beliebigen homogenen Lichtes mit einem beliebigen anderen homogenen oder mit einer beliebigen Mischung von zwei oder von drei homogenen

Lichtern oder eines beliebigen Gemisches von zwei homogenen Lichtern mit einem solchen von zwei anderen.

Die Prismen sind so gewählt, dass bei der von mir getroffenen Versuchsaufstellung die beiden zur Vergleichung in Betracht kommenden Bildfelder einander berühren, wenn sie 10 cm Durchmesser haben.

4. Das zweite Objektiv ist eine grosse Sammellinse von zwei Dioptrien und von 20 cm Durchmesser. Stellt man sie genügend schräg zur Strahlenrichtung, so rücken die von den einzelnen Komponenten einer Mischung beleuchteten Felder infolge der sphärischen Aberration auseinander: dreht man die Linse alsdann wieder in die Stellung nahezu senkrecht zur Strahlenrichtung, so rücken die Komponenten wieder zur Mischung zusammen. Man kann so in recht anschaulicher Weise demonstrieren, aus welchen Komponenten sich eine Mischung zusammensetzt.

Um die Beobachtung, die im Dunkelzimmer vorgenommen werden muss, doch mit helladaptiertem Auge anzustellen, wird unter dem Projektionsschirm eine Mattglasscheibe aufgestellt, die von hinten her durch Gasglühlichtflammen grell erleuchtet wird und die der Beobachter vor der Beobachtung ansieht. Während der Beobachtung der Bildfelder wird dieselbe verdeckt.

Mit dem Apparat wurden einige Mischungsgleichungen demonstriert; auch wurde die anomale Einstellung der Gleichung eines Rot-Grün-Gemisches mit einem homogenen Licht gezeigt, welche von zwei Rotanomalen und einem Grünanomalen vorgenommen worden waren. Die Beobachtungen, die bei diesem Apparat von allen Anwesenden gleichzeitig vorgenommen werden konnten, ergaben ausserdem, dass unter den Anwesenden noch ein Grünanomaler war.

Der Apparat oder jeder einzelne Teil desselben ist von dem Mechaniker des physiologischen Instituts Herrn Rinck zu beziehen.

II. Ueber anomale Trichromasie.

Untersuchungen über die spektrale Helligkeitsverteilung, die bei zwei Rotanomalen und bei einem Grünanomalen vorgenommen wurden, ergaben:

Die Helligkeitsverteilung der Rotanomalen ist von demselben Typus, wie die der Protanopen.

Die Helligkeitsverteilung des Grünanomalen ist von demselben Typus, wie die der Deuteranopen.

Diese Beobachtungen zusammen mit den Ergebnissen der Untersuchungen v. Kries' und Nagel's führen zu folgendem System der Formen von normalem und anomalem Farbenempfindungsvermögen (die Blaugelbblindheit bleibt hier zunächst ausgeschlossen):

Hinsichtlich der spektralen Helligkeitsverteilung gibt es drei Typen: der normale, der protanopische und der deuteranopische Typus. Uebergangsformen zwischen diesen Typen scheinen nicht vorzukommen.

Hinsichtlich der Vollkommenheit des Farbenempfindungsvermögens sind innerhalb jedes einzelnen Typus drei Stufen zu unterscheiden, die Achromasie (totale Farbenblindheit), die Dichromasie (Rotgrünblindheit) und die Trichromasie. Der Rotanomale ist der Trichromat vom protanopischen, der Grünanomale ist der Trichomat vom deuteranopischen Typus der Helligkeitsverteilung. Die innerhalb ein und desselben Typus vorkommenden Stufen können je nach der zur Beobachtung verwendeten Netzhautzone oder der Grösse des beobachteten Feldes in ein und demselben Auge nachgewiesen werden. Für den normalen Typus ist dies ja schon lange bekannt, für den deuteranopischen hat das jüngst Nagel bei sich selbst nachgewiesen, für den protanopischen Typus konnte ich es bei einem der von mir beobachteten Fälle nachweisen, welcher sich mit Zunahme der Feldgrösse erst als Achromat, dann als Dichromat und schliesslich als Trichromat erwies.

Das hier gegebene System der Formen von Farbenempfindungsvermögen fügt sich gut in meine Theorie ein; ich komme darauf an anderer Stelle ausführlicher zurück, möchte hier aber noch kurz hervorheben, dass ich die Theorie in einem Punkte auf Grund der neueren Beobachtungen ändern

muss. Für den Grünanomalen hatte ich einen zu stark gedämpften Resonator für mittelwelliges Licht angenommen, derselbe muss also auch bei Deuteranopie vorhanden sein. In diesem Sinne sind meine Erörterungen über den genannten Resonator bei Deuteranopie auf Seite 158 in Pflügers Archiv Bd. 118 zu berichtigen und zu vervollständigen. Mit dieser veränderten Auffassung ist die Tatsache, dass die für den normalen Trichromaten geltenden Gleichheitsbeziehungen auch beim Deuteranopen Geltung haben, ebenfalls vereinbar.

Sodann legte Herr F. Richarz die folgende Mitteilung von Herrn Wilhelm Ziegler in Santiago (Chile) vor:

Einfluss des Mediums auf die Grösse der elektrodynamischen, magnetischen und elektromagnetischen Kräfte.

Die Anregung zu dieser Arbeit erhielt ich im S. S. 1900 in Greifswald durch eine Vorlesung über die Maxwell'sche Theorie des Herrn Professor Dr. F. Richarz, dessen 1. Assistent ich in dieser Zeit war. Leider verzögerte sich die Veröffentlichung derselben bis jetzt durch meine Uebersiedelung an die Technische Hochschule - Dresden und von dort an die Universität Santiago (Chile), wo ich mir zunächst erst ein Laboratorium einrichten musste.

A. Grundlegende Auseinandersetzungen.

Wesentlich unterscheidend von allen vorhergehenden und gleichzeitigen Vorstellungskreisen war bei Faraday und Maxwell die Elimination jeder unvermittelten Fernwirkung aus der Theorie der Elektrizität und des Magnetismus. Nach ihnen konnte sich eine Wirkung nur dann an einem Orte geltend machen, wenn sie von Stelle zu Stelle weitergegeben, von Teilchen zu Teilchen von ihrem Ursprungsort nach einer anderen Stelle des Raumes hin vermittelt worden war. Die Vorstellung, dass alle Wirkungen durch Nahewirkungen vermittelt werden, liess Faraday die Eigenschaften des Zwischenmediums selbst suchen und finden. Namentlich waren es die von ihm studierten magnetischen und dielektrischen Polarisationen, welche das Fundament für jene Entwicklungen abgaben, mit denen Maxwell seine Untersuchungen beginnt und welche ihn zu ungeahnten und überraschenden Resultaten

führten. Sie liessen erkennen, dass sich periodische Störungen des elektromagnetischen Gleichgewichts nach geometrisch analogen Gesetzen verbreiten müssten wie die Lichtschwingungen, was auch durch die glänzenden Versuche von H. Hertz seine Bestätigung fand. Ausserdem zeigte sich, dass infolge des Einflusses des Mediums fast alle bereits bekannten Gesetze über die pondero- und elektromotorischen Wirkungen, seien sie elektrostatischer, magnetischer, elektrodynamischer oder induktiver Natur, durch einen das Zwischenmedium charakterisierenden Faktor ergänzt werden mussten, welche in bezug auf die elektrischen Eigenschaften die Dielektrizitätskonstante, in bezug auf magnetische Eigenschaften Dimagnetisierungskonstante (letztere Bezeichnung nach Quincke) genannt worden ist.

Während nun bereits seit langer Zeit der elektrische Einfluss des Mediums auch experimentell bestätigt, und gezeigt worden ist, dass die experimentellen Resultate mit den theoretisch abgeleiteten Gesetzen quantitativ gut übereinstimmen, liegen derartige Untersuchungen zur Bestätigung des magnetischen Einflusses des Mediums bislang noch nicht vor. Der Hauptgrund hierfür liegt wohl darin, dass die magnetischen Eigenschaften der flüssigen und gasförmigen Körper, in welchen die Wirkungen magnetischer Kräfte beobachtet werden müssten, sich nur sehr wenig von einander unterscheiden, während in bezug auf die elektrischen Eigenschaften grosse Verschiedenheiten vorhanden sind, und infolge dessen eine deutliche Differenz der Kraftwirkung z. B. zweier geladener Kugeln in den verschiedenen Medien nachgewiesen werden konnte.

Im folgenden soll nun gezeigt werden, wie es möglich ist, auch den magnetischen Einfluss des Mediums experimentell zu bestätigen und zwar soll untersucht werden der Einfluss des Mediums:

I. auf die elektrodynamische Kraft zwischen 2 Stromkreisen,
II. auf die Kraftwirkung zweier Magnetpole,
III. auf die elektromagnetische Kraft eines Stromkreises.

Aus der Maxwell'schen Theorie ergibt sich nämlich für diese Kräfte F bezw. ihr Potential Φ bezw. die el.-magn. Kraft f eines Stromelementes die folgenden Ausdrücke in der Bezeichnungsweise von Boltzmann:[1])

$$\text{I. } \Phi_{elektrod.} = -M \cdot \frac{i\,i'}{\mathfrak{v}^2} \int\int \frac{ds \cdot ds'}{\varrho} \cos(ds, ds')$$

$$\text{II. } F_{magn.} = \frac{1}{M} \frac{m\,m'}{r^2}$$

$$\text{III. } f_{elektromagn.} = \frac{i\,ds \sin(\varrho, ds)}{\mathfrak{v}\,\varrho^2}$$

worin mit M die magnetische Permeabilität bezeichnet worden ist. Wir sehen also, dass die elektrodynamische Kraft proportional, die magnetische Kraft zwischen zwei Polen umgekehrt proportional und die elektromagnetische unabhängig von der magnetischen Permeabilität ist. Im folgenden will ich zunächst nur den experimentellen Nachweis für die Abhängigkeit der elektrodynamischen Kraft vom Medium führen und in einer späteren Arbeit die noch ausstehenden Fragen beantworten.

Bevor wir jedoch zu den experimentellen Ausführungen übergehen, wollen wir zunächst noch kurz mittels der von Faraday eingeführten Kraftlinien die obige Abhängigkeit vom Medium klar machen. Bringen wir in ein ausgedehntes homogenes magnetisierbares Medium ein stromdurchflossenes Solenoid, so wird das Medium polarisiert; es wird im Innern desselben ein magnetisches Feld erzeugt, dessen Kraftliniendichte $\mathfrak{B} = \mu\,\mathfrak{H}$ ist, wenn wir mit μ die magnetische Permeabilität und mit $\mathfrak{H}$ die Feldstärke bezeichnen. Ein derartiges nahezu homogenes Feld bildet sich auch aus zwischen

---

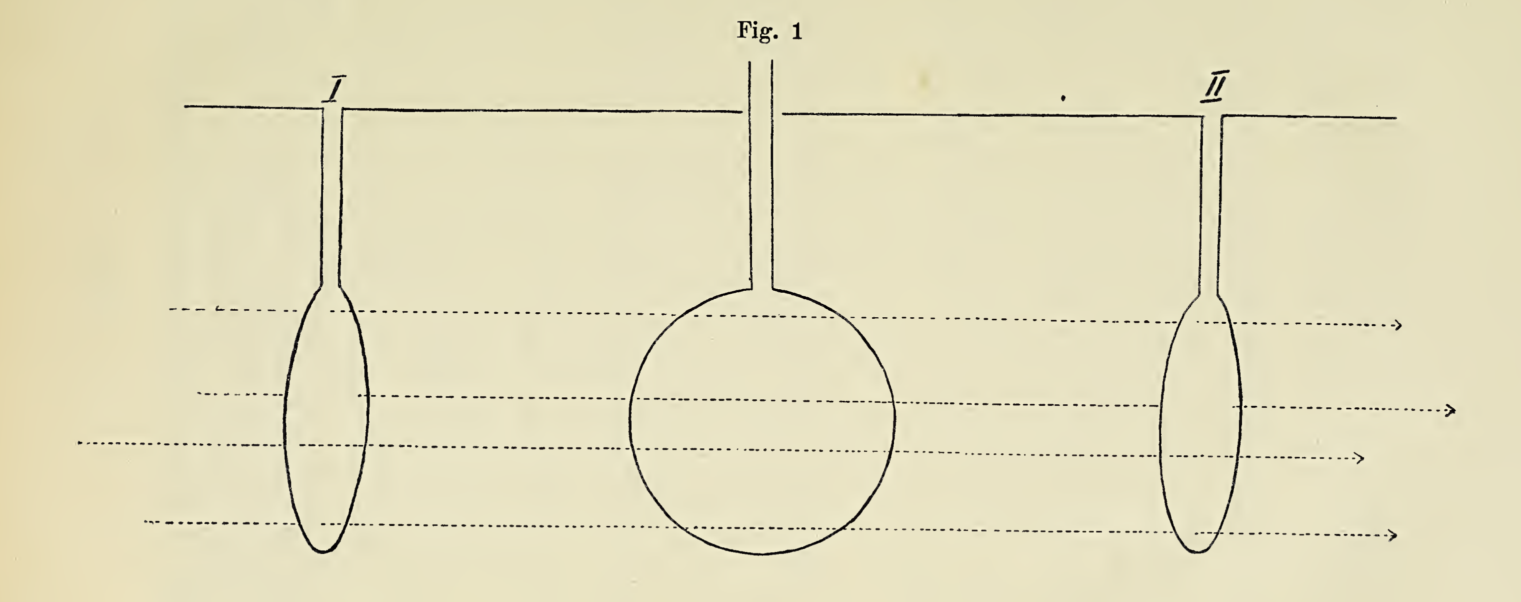
1) Boltzmann: Vorlesungen über Maxwells Theorie der Elektrizität und des Lichtes. Leipzig 1893, Bd. II, pag. 109, 98, 102.

den stromdurchflossenen Drahtspulen I und II. (Fig. 1.) Bringen wir nun in dasselbe eine beweglich aufgehängte Spule, deren Axe senkrecht steht auf der gemeinsamen von I und II, so wird dieselbe, sobald ein Strom hindurchfliesst, abgelenkt. Ist Q ihre Windungsfläche, α der Ablenkungswinkel, so durchsetzen, Homogenität des Feldes angenommen, das Innere der Spule: $Z = Q \mu \mathfrak{H} \cdot \sin \alpha$ Kraftlinien. Die Arbeit der elektrodynamischen Kräfte bei Drehung der Spule um $\delta \alpha$ ist proportional $\delta Z = Q \cdot \mu \mathfrak{H} \cos \alpha \cdot \delta \alpha$. Also ist das Drehmoment, welches auf die Spule wirkt, gleich $\mathfrak{B} \cos \alpha$ multipliziert mit einer Konstanten C; diesem Moment entgegen wirkt das Torsionsmoment $T \alpha$. Wir kompensieren von vorneherein das Erdfeld durch das Feld eines Elektromagneten. Unter dem Einflusse der beiden wirksamen Momente der Torsion und der elektrodynamischen Kraft muss das bewegliche System in einer gewissen Lage zur Ruhe kommen. Wir finden den Winkel, welcher die Axe der beweglichen Spule in der abgelenkten Lage mit der ursprünglichen Gleichgewichtslage bildet, durch die Gleichung

$$T \cdot \alpha = C \mu \mathfrak{H} \cos \alpha$$

und indem wir nur kleine Winkel in Betracht ziehen, können wir $\cos \alpha = 1$ setzen, so dass $\alpha = \mu C_1$ wird, worin $C_1 = \frac{C \mathfrak{H}}{T}$ ist. Beobachten wir nun unter denselben Bedingungen, insbesondere denselben Stromstärken die Ablenkungen in zwei verschiedenen Medien; deren magnetische Permeabilitäten seien μ_1 und μ_2; dann erhalten wir, da die von den festen Spulen I und II erzeugten Feldstärken unabhängig sind von μ: $\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$ oder, da die elektrodynamischen Kräfte F_1 und F_2 den Ausschlagwinkeln proportional sind: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$ d. h. die elektrodynamischen Kräfte sind den Permeabilitäten pro-

Fig. 1



portional. Indem wir als das zweite Medium Luft nehmen, deren Permeabilität $\mu_2 = 1$ ist, erhalten wir

$$F_1 = \mu F_2 \text{ oder } \alpha_1 = \mu_1 \alpha_2$$

d. h. wir haben den experimentellen Beweis für die Abhängigkeit der elektrodynamischen Kraft vom Medium erbracht, wenn wir die in einem Medium von der Permeabilität μ und in Luft beobachteten Ablenkungen durch einander dividieren und den Wert dieses Bruches gleich μ finden.

B. Das Medium:

Wie bereits in der Einleitung erwähnt wurde, bestand eine Hauptschwierigkeit in der Beschaffung eines Mediums, welches eine merklich verschiedene Permeabilität von Luft besitzt. Da von reinen Gasen und Flüssigkeiten aus diesem Grunde kein einziges benutzt werden konnte, so musste künstlich ein solches Medium hergestellt werden. Auf Vorschlag des Herrn Prof. Richarz wurde zunächst eine Mischung von Glycerin und Seife genommen und darin feines durch Wasserstoff reduziertes Eisenpulver[1]) suspendiert. Durch tüchtiges Umrühren konnte man eine vollkommen gleichmässige Verteilung des Eisens erzielen, und die Zähigkeit dieser Mischung war auch gross genug, um die Eisenteilchen in ihrer Lage festzuhalten und so einen konstanten Zustand für längere Zeit zu erhalten. Jedoch bei den Versuchen in dieser Suspension die Ablenkung einer Drahtspule oder eines Magneten zu beobachten, stellte sich heraus, dass diese Flüssigkeit zu zähe war, um einigermassen konstante Ausschläge zu erzielen. Es wurde daher reines Glycerin genommen und darin direkt Eisenpulver suspendiert. Um eine Vorstellung davon zu bekommen, wie lange eine solche Suspension konstant bliebe, wurden von 5 zu 5 Minuten gleiche Mengen und zwar vom Boden und von oben gewogen. Durch diese Bestimmungen

---

1) Bezogen von Dr. Paul Lohmann, Fabrik pharmaceutischer Eisenpräparate in Hameln a. d. Weser.

ergab sich, dass der Zustand sich im Laufe einer $^1/_4$ Stunde kaum änderte, und dass ferner durch erneutes tüchtiges Umrühren der alte Zustand leicht wieder hergestellt werden konnte. Für die definitiven Versuche wurden nun zwei Suspensionen verschiedener Konzentrationen hergestellt. Aus folgenden Daten kann man sich leicht eine Vorstellung von dem Grade der Konzentrationen machen. Eine Pyknometerflasche von 250 ccm Inhalt wog leer 75,24 g; mit der Suspension I gefüllt 395,02 g; mit der Suspension II 399,77 g und mit reinem Glycerin 392,81 g; so dass sich in 1 ccm der Suspension I 0,00884 g Fe und in der II 0,02784 g befanden und die Dichtigkeiten 1,279 resp. 1,298 betrugen, während die Dichtigkeit des Glycerins bei 18^0 gleich 1,232 war. —

Da es sich in diesem Falle nicht um ein homogenes Medium handelte, musste zunächst die Frage erörtert werden, ob auch auf diese Suspension dieselben Methoden angewendet werden könnten, welche dazu dienen, die magnetischen Eigenschaften eines Mediums zu untersuchen. Derartige Untersuchungen liegen bereits vor von verschiedenen Physikern wie Börnstein[1]), welcher Gemenge von Eisen, Nickel und Kobaltpulver mit Tonerde auf seine magnetischen Eigenschaften untersucht hat; Coulomb[2]) nahm eine Mischung von Eisenfeilspähnen mit Wachs, A. Toepler und von Ettingshausen[3]) stellten Gemische von Eisenpulver und Fetten her, jedoch die ausführlichste Behandlung dieser Frage verdanken wir Auerbach[4]), welcher Gemische von feinem Holz- und reduziertem Eisenpulver untersuchte, deren Dichtigkeit er variierte. Es ergab sich, dass die Zunahme des temporären Magnetismus von Eisenpulvern mit ihrer Dichtigkeit unter

1) Poggend. Annalen 154 p. 336, 1875.
2) G. Wiedemann, Galvanismus 2 p. 420.
3) Poggend. Annalen 160 p. 1, 1877.
4) Wiedemanns Annalen 11 p. 359, 1880.

sonst gleichen Umständen durchaus keine gleichförmige ist; vielmehr nimmt der Magnetismus für kleinere Dichtigkeiten stark, für mittlere schwach und für grössere wiederum stark zu. Sodann fragte sich Auerbach, ob bei pulverförmigem Eisen derselbe Einfluss der magnetisierenden Kraft auf den temporären Magnetismus der Pulver wie beim konsistenten bestünde und es ergab sich, dass auch bei pulverförmigen Körpern die Magnetisierung für sehr kleine Kräfte proportional, für grössere schneller und für noch grössere langsamer wächst. Also steigt die Magnetisierbarkeit bis zu einem Maximum und nimmt dann wieder ab. Da nach diesen Versuchen von Auerbach auch für unsere Suspensionen eine Abhängigkeit der magnetischen Permeabilität von der magnetisierenden Kraft zu erwarten war, so wurde die Magnetisierungskurve für die beiden Medien bestimmt mittels der ballistischen Methode.

Eine 76,5 cm lange Glasröhre von 3,02 cm lichter Weite wurde gleichmässig mit Draht umwickelt, so dass die Windungszahl pro cm gleich 6,489 war. Auf die Mitte dieser Spule wurde eine Sekundärspule mit 1000 Windungen geschoben, deren Widerstand gleich 221 Ω war und deren Enden über einen Rheostaten mit einem Deprez — d' Arsonval Instrumente verbunden waren. Der Primärstrom wurde kommutiert und mittels eines Präzisionsampèremeters von Siemens und Halske gemessen, indem er zugleich durch einen passenden Abteilungswiderstand von 2—9 Amp. gesteigert werden konnte. Zunächst wurde eine Reihe zusammengehöriger Werte für die Primärstromstärke und Ablenkungen bestimmt, während die Glasröhre mit Luft oder Glycerin gefüllt war, wobei sich dieselben Werte ergaben, und dann in derselben Weise die entsprechenden Werte für die beiden Suspensionen. Aus diesen Ablenkungen kann man dann auf einfache Weise die magnetische Permeabilität μ erhalten, wie folgende Betrachtung zeigt. Bezeichnen wir durch H die Intensität des magnetischen Feldes im zentralen Teil der Röhre, so ist die Gesamtzahl der In-

duktionslinien, welche durch den Querschnitt q gehen, wenn wir die Luft durch ein magnetisches Medium von der Permeabilität μ ersetzen

$$\int d N = \mu q H.$$

Nun erzeugen diese Induktionslinien in der Sekundärspule von z Windungen eine elektromotorische Kraft

$$V_{ind} = 10^{-8} \cdot z \cdot \frac{d N}{d t} \text{ oder}$$

$$\int V_{ind} \cdot d t = 10^{-8} \cdot z \cdot \int d N$$

Da nun nach dem Ohm'schen Gesetze $V = w i$ und ferner $\int d N \cdot = \mu q \cdot H$ ist, so haben wir:

$$w \int i d t = 10^{-8} z q H_{\mu}$$

wobei w den Widerstand des Sekundärkreises bedeutet. $\int i d t$ stellt die gesamte Elektrizitätsmenge Q_{μ} dar, welche durch das Galvanometer fliesst, folglich haben wir

$$w Q_{\mu} = 10^{-8} z q H_{\mu}$$

und da bei einem Deprez — d' Arsonval Instrumente $Q_{\mu} = C \alpha_{\mu}$ ist, d. h. gleich der ballistischen Konstante multipliziert mit dem Ablenkungswinkel, welche es erfährt durch die hindurch geflossene Elektrizitätsmenge, so ist für die beiden Medien Luft und Suspension:

$$\frac{Q_{\mu}}{Q_e} = \frac{C \alpha_{\mu}}{C \alpha_e},$$

ausserdem folgt aus der obigen Gleichung für Q die Proportion:

$$\frac{Q_{\mu}}{Q_e} = \frac{\mu}{1}, \text{ so dass } \underline{\underline{\mu = \frac{\alpha_{\mu}}{\alpha_e}}} \text{ wird.}$$

Wir brauchen also zur Bestimmung von μ nur die beiden Ablenkungen α_μ und α_e zu kennen für dieselbe primäre Stromstärke. Auf diese Weise wurden die in den folgenden Tabellen enthaltenen Werte für μ bestimmt und zugleich noch die entsprechenden Werte von H berechnet, um eine Übersicht über den Zusammenhang dieser beiden Grössen zu geben.

Suspension I.

Stromstärke i Amp.	Feldstärke H	Ablenkung		μ_I
		Luft	Suspension	
2,41	19,65	254	258	1,0158
3,43	27,96	362	369	1,0191
4,32	35,22	460	470	1,0218
5,40	44,02	569	584	1,0263
6,45	52,57	685	704	1,0277
7,40	60,31	784	805	1,0268
8,40	68,46	891	914	1,0258

Suspension II.

Stromstärke i Amp.	Feldstärke H	Ablenkung		μ_{II}
		Luft	Suspension	
2,50	20,37	262	268	1,0229
3,20	26,08	338	348	1,0296
4,20	34,20	446	463	1,0381
5,40	44,01	576	596	1,0347
6,30	51,35	674	696	1,0326
7,40	60,31	796	820	1,0301

Wir sehen, dass auch bei diesen Suspensionen die magnetische Permeabilität eine Funktion der magnetisierenden Kraft ist, und dass sie zunächst mit H zunimmt bis zu einem Maximum und dann wieder langsam abnimmt; ausserdem wird

bei der Suspension II von grösserer Dichtigkeit das Maximum bei einer geringeren Feldstärke erreicht.

C. Vorversuche:

Bei den ersten Versuchen wurde ein Solenoid bifilar aufgehängt, wobei die Aufhängedrähte zugleich als Stromzu- und -abführung dienten; darauf wirkte dann eine zweite feste Spule. Es stellte sich jedoch heraus, dass die bifilare Aufhängung für derartige Versuche durch die unifilare ersetzt werden musste, da bei ersterer das Drehungsmoment sehr wesentlich von der Belastung abhängig ist und man infolgedessen schon beim Eintauchen in Flüssigkeiten verschiedener Dichtigkeit durch den Auftrieb Differenzen der Ausschläge bekommen musste.

Da nun das Drehungsmoment eine Funktion der Dichtigkeit der Flüssigkeit ist, in welcher sich die Spule dreht und ausserdem proportional dem Ablenkungswinkel ist, so lässt sich auf einen solchen Apparat eine neue Methode der Dichtebestimmungen von Flüssigkeiten gründen, welche grundverschieden von den übrigen Methoden und in der Einfachheit keineswegs gegen die bereits bekannten zurücksteht. Wir können nämlich die ganze Bestimmung auf die Beobachtung von 3 Ablenkungen zurückführen, wie die folgende Auseinandersetzung zeigt.

Nach F. Kohlrausch [1]) ist die Direktionskraft einer bifilaren Aufhängung:

$$D = m\,g\,\frac{e_1\,e_2}{4\,l} + \frac{2\,\pi}{5}\,\varrho^4\,\frac{E\,g}{l}$$

worin e_1 und e_2 den Abstand der Aufhängedrähte oben und unten, l ihre mittlere Länge, m die Masse des Solenoids,

1) Wied. Annalen 17, p. 737, 1882.

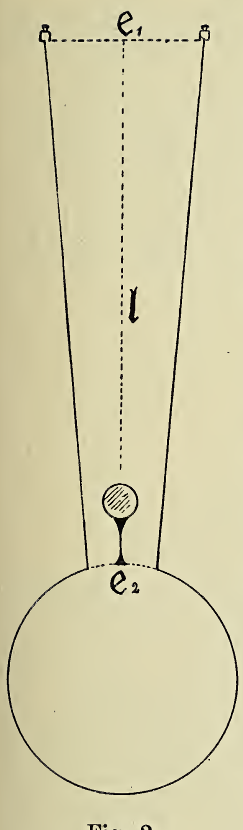


Fig. 2

E den Elastizitätsmodul, ϱ den Radius der Drähte und g die Schwerebeschleunigung bedeuten. Ferner ist die Bewegungsgleichung eines bifilar aufgehängten Solenoids, dessen Axe $\perp$ zum magnetischen Meridian steht, und auf welches ein festes Solenoid wirkt, dessen Axe H zum magnetischen Meridian steht:

$$\Sigma m r^2 \cdot \frac{d^2 \varphi}{d t^2} = S \cdot r \cos \varphi - D \sin \varphi$$

worin das erste Glied auf der rechten Seite das von dem festen Solenoid und Erdmagnetismus herrührende Drehungsmoment darstellt. In gewisser Lage kommt das System zur Ruhe, d. h.

$$\frac{d^2 \varphi}{d t^2} = o \text{ und } tg\, \varphi = \frac{S \cdot r}{D}$$

oder bei kleinen Winkeln

$$\varphi = \frac{S \cdot r}{D} \text{ oder } D = \frac{S \cdot r}{\varphi}$$

Setzen wir den Wert für D ein, wenn der Körper sich in Luft befindet, so erhalten wir:

$$D_{Luft} = (m - v\,\lambda)\, g \cdot \frac{e_1 \cdot e_2}{4\,l} + \frac{2\,\pi}{5}\,\varrho^4\,\frac{E\,g}{l} = \frac{S \cdot r}{\varphi_{Luft}}$$

In Wasser und in der Flüssigkeit, deren Dichtigkeit wir bestimmen wollen, erhalten wir:

$$D_{Wasser} = (m - v\,\sigma)\, g\, \frac{e_1\, e_2}{4\,l} + \frac{2\,\pi}{5}\,\varrho^4\,\frac{E\,g}{l} = \frac{S \cdot r}{\varphi_{Wasser}}$$

$$D_{Flüssigkeit} = (m - v\,x)\,g\,\frac{e_1 e_2}{4\,l} + \frac{2\,\pi}{5}\,\varrho^4\,\frac{E\,g}{l} = \frac{S \cdot r}{\varphi_{Flüssigkeit}} \text{ oder}$$

$$D_L - D_{Fl} = v\,(x - \lambda) \cdot \frac{e_1 e_2}{4\,l} \cdot g = S \cdot r \cdot \left(\frac{1}{\varphi_L} - \frac{1}{\varphi_{Fl}}\right)$$

$$D_L - D_W = v\,(\sigma - \lambda) \cdot \frac{e_1 e_2}{4\,l} \cdot g = S \cdot r \cdot \left(\frac{1}{\varphi_L} - \frac{1}{\varphi_W}\right)$$

$$\frac{x - \lambda}{\sigma - \lambda} = \frac{\frac{1}{\varphi_L} - \frac{1}{\varphi_{Fl}}}{\frac{1}{\varphi_L} - \frac{1}{\varphi_W}}$$

$$x = \frac{\varphi_{Fl} - \varphi_L}{\varphi_W - \varphi_L} \cdot \frac{\varphi_W}{\varphi_{Fl}}\,(\sigma - \lambda) + \lambda$$

Wir sehen also, dass zur Bestimmung der Dichtigkeit nur die Beobachtung von 3 Ablenkungen nötig ist und ausserdem die Kenntnis der Dichtigkeiten des Wassers und der Luft analog der Methode der Wägungen, und da diese 3 Ablesungen schneller gemacht werden können als 3 Wägungen, ferner bei einer weiteren Ausarbeitung dieser Methode Fernrohr und Skala fest mit dem Elektrodynamometer verbunden werden könnten, so scheint diese Methode zu einer schnellen Bestimmung sehr geeignet. Noch einfacher wäre, einen permanenten Magneten bifilar aufzuhängen und einen anderen in den 3 Fällen auf ihn ablenkend wirken zu lassen.

Infolge der Abhängigkeit des Drehungsmoments von der Dichtigkeit der Flüssigkeiten wurde die bifilare Aufhängung durch einen einzigen Draht ersetzt, und da weiter befürchtet wurde, dass bei Benutzung dieses Drahts als Stromzuführung infolge der Erwärmung eine Dehnung und damit eine Aenderung des Drehungsmoments stattfinden könnte, wurde

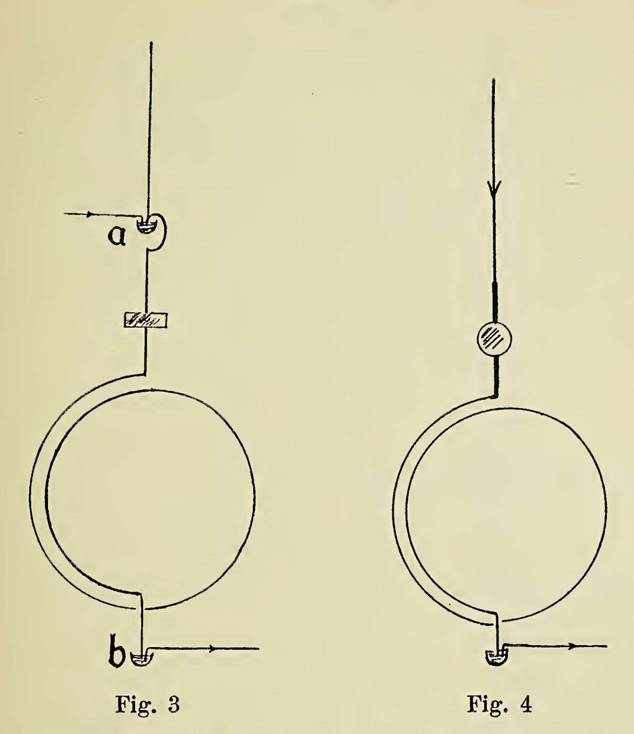


Fig. 3 Fig. 4

dem beweglichen Teil die aus Fig. 3 ersichtliche Form gegeben. Bei *a* trat der Strom ein, durchfloss das Solenoid und verliess den Apparat bei *b*. Auch diese Anordnung musste aufgegeben werden, weil der Draht zwischen *a* und Solenoid ziemlich stark sein musste, um eine Durchbiegung nach unten zu vermeiden, andererseits aber dadurch die Kapillarwirkungen an der Stelle der Oberfläche, wo der Draht aus der Flüssigkeit austritt, so gross wurden, dass eine konstante Einstellung nicht zu erlangen war. Es wurde daher auch diese Aufhängung verlassen, durch geeignete Vermehrung der Windungszahl die Stromstärke heruntergesetzt und dann der Aufhängedraht als Stromzuführung benutzt und auf diesem direkt der Spiegel angebracht. (Fig. 4.) Um noch möglichst frei von elastischen Nachwirkungen zu sein, wurde der zur Aufhängung benutzte *Cu*-Draht erst geglüht.

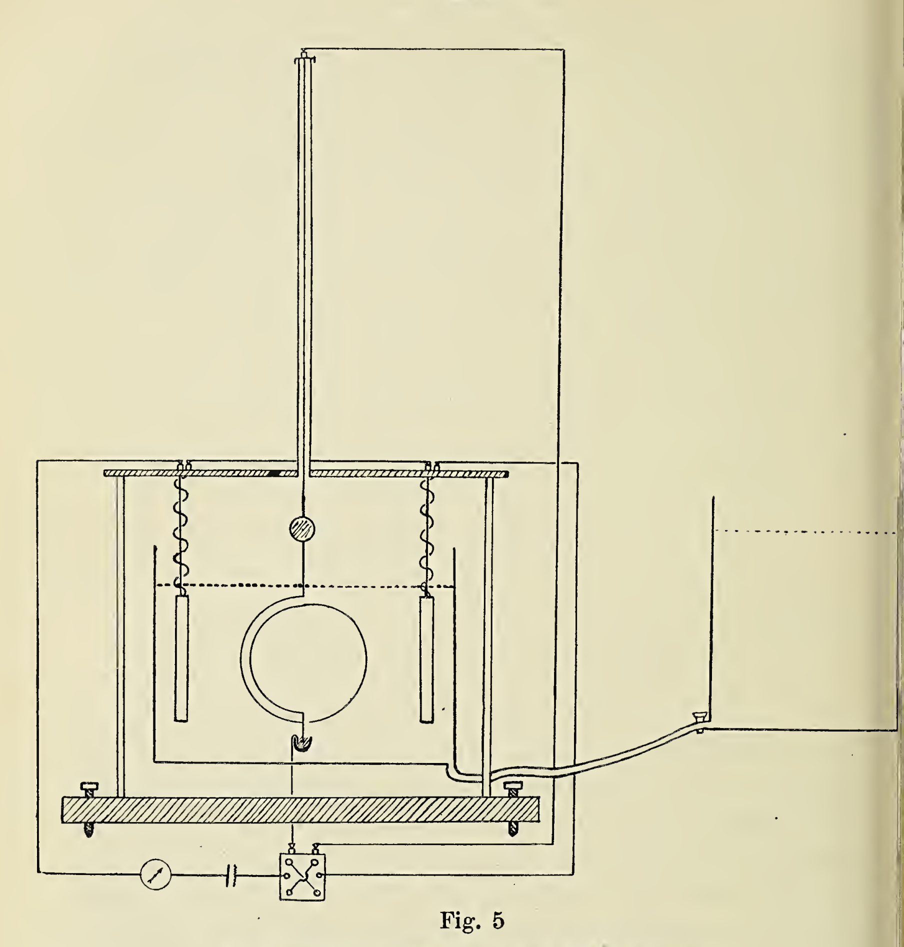


Fig. 5

D. Definitive Methode und Resultate.

Der Apparat, welcher zu den definitiven Versuchen benutzt wurde, war folgendermassen beschaffen. (Fig. 5.) Auf einem festen Brette, welches zur Horizontierung auf drei Schrauben ruhte, erhoben sich 4 Messingröhren von 35 cm Länge, welche eine Hartgummiplatte trugen. In der Mitte derselben befand sich eine kreisförmige Oeffnung, auf welche eine Glasröhre von 45 cm Länge gesetzt wurde, die oben durch einen Torsionskopf verschlossen war. Der übrige Teil wurde nach Art

eines Elektrodynamometers konstruiert. Mittels eines 50 cm langen *Cu*-Drahts von 0,25 mm Dicke wurde ein Solenoid beweglich aufgehängt, dessen Windungszahl gleich 100 war, und dessen innerer und äusserer Durchmesser bezw. 3,0 und 5,5 cm betrugen. Das andere Ende des Solenoids endigte in eine *Pt*-Spitze, welche in ein Gefässchen mit *Hg* tauchte. Diese bewegliche Spule befand sich zwischen 2 festen Rollen, deren Abstand mittels einer Schlittenvorrichtung variiert werden konnte, und von denen jede 300 Windungen zählte; der innere und äussere Durchmesser betrugen 5,5 und 8,0 cm. Sämtliche Spulen wurden gut isoliert durch Schellack und Paraffin. Im Hauptstromkreise befanden sich die beiden festen Rollen, ein Präzisionsampèremeter und ein Kommutator, dessen zweites Schraubenpaar mit dem Ende des Aufhängedrahts und mit dem Quecksilbergefäss verbunden war, sodass die Ablenkungen nach beiden Seiten beobachtet werden konnten. Zur Beobachtung der Ausschläge wurden sämtliche Spulen in ein Zinkgefäss getaucht von 20 cm Länge, 15 cm Breite und 12 cm Höhe, welches zwei Stutzen trug, wodurch es mittels Schläuche abwechselnd mit 3 grossen Gefässen verbunden werden konnten, von denen das eine reines Glyzerin und die andern die beiden Suspensionen enthielten. Es wurde stets zuerst der Ausschlag in reinem Glyzerin beobachtet und zwar links und rechts durch Kommutation des Stromes in der beweglichen Rolle. Dann wurde das Glyzerin durch eine Suspension ersetzt und abermals eine Reihe von Beobachtungen angestellt. Dabei wurde jedesmal vor dem Einfüllen der Suspension letztere tüchtig umgerührt, um gleichmässige Verteilung der Eisenteilchen zu erzielen, und da die Versuche höchstens 10 Minuten dauerten, so war die Konstanz der Dichtigkeit hinlänglich vorhanden. Sodann wurde der ganze Apparat gereinigt und dieselbe Versuchsreihe wiederholt. Um die eventuellen Unsicherheiten zu untersuchen, welche durch das Ein- und Ausfliessenlassen der Flüssigkeiten bei den einzelnen Ablenkungen eintreten könnten, wurde

abwechselnd Flüssigkeit eingefüllt, beobachtet, das Gefäss geleert und dann abermals beobachtet; dabei zeigten sich nur kleine Verschiebungen des Nullpunktes und ausserdem Unabhängigkeit des Drehungsmoments vom Auftrieb. Da die Gesetze eigentlich nur für ein unendlich ausgedehntes Medium gelten, so musste ebenfalls untersucht werden, ob das bei den Versuchen benutzte begrenzte Medium bereits denselben Effekt hervorbringe, wie ein unbegrenztes, und da diese Frage mathematisch umständlich zu behandeln ist, so wurde sie auf experimentellem Wege zu lösen gesucht, indem man ein Gefäss von doppelten Dimensionen nahm, wobei jedoch kein Unterschied konstatiert werden konnte. Um den Einfluss des erdmagnetischen Feldes zu eliminieren, wurde in einem Abstande von ca. 1 m ein grosser Elektromagnet aufgestellt und durch Regulierung des Stromes in dem vom Apparate eingenommenen Raume ein Feld erzeugt, welches gleich und entgegengesetzt dem Erdfelde war.

Die Versuche für die Suspension I ergaben:

Nulllage	Ablenkungen		Total-ablenkung	
	links	rechts		
501,5	113	862	749	in Glycerin = 749 Skalenteilen
501	113	862	749	
501	113	862	749	
501	113	862	749	
498	104	869	765	in Suspension I = 765 Skalenteilen
498	104	869	765	
498	104	869	765	
499	105	870	765	

$$\mu_I = \frac{765}{749} = 1,0213$$

Suspension II.

Nulllage	Ablenkungen links	Ablenkungen rechts	Total-ablenkung	
499	112	860	748	in Glycerin = 748 Skalenteilen
499	112	860	748	
500	113	861	748	
500	113	861	748	
500	113	861	748	
498	98	874	776	in Suspension I = 776,1 Skalenteilen
498	98	874	776	
499	99	875	776	
499	98,5	875	776,5	
499	99	875	776	

$$\mu_{II} = \frac{776,1}{748} = 1,0375$$

Diese Versuche wurden mehrfach wiederholt und als Mittelwert erhalten $\mu_I = 1,0212$ und $\mu_{II} = 1,0374$ oder vorher auf Winkel reduziert bei einem Skalenabstande von 2 m $\mu_I = 1,0207$ und $\mu_{II} = 1,0365$. Um nun noch zu beweisen, dass die so erhaltenen Werte für μ mit denjenigen der Tabellen auf Seite 229 übereinstimmen, musste das Feld zwischen den beiden festen Spulen des Apparats bestimmt werden. Zu diesem Zwecke wurde eine Spule von 1000 Windungen, deren Widerstand = 221 Ω war, zwischen die beiden festen Rollen gebracht und deren Enden mit einem Deprez — d' Arsonval Galvanometer verbunden. Sodann wurde derselbe Strom = 0,5 Amp, welcher bei den Versuchen benutzt worden war, durch die festen Rollen geschickt und die dadurch verursachte Ab-

lenkung des Galvanometers gemessen. Es ergaben sich als Mittelwert 174 Skalenteile. Nach der auf Seite 8 entwickelten Gleichung

$$w \cdot C\alpha = 10^{-8} z H \cdot q$$

erhalten wir dann die Feldstärke

$$H = \frac{w \cdot C \cdot \alpha \cdot 10^8}{z \cdot q}$$

Die ballistische Konstante C wurde mit Hülfe eines Etalons des Induktionsflusses von Hartmann und Braun bestimmt, dessen Feldstärke $H_n = 5{,}2725 \cdot i$ und dessen Querschnitt $q = 10{,}038$ qcm war, wofür sich ergab

$$C = \frac{z \cdot H_n \cdot q}{10^8 \cdot w \cdot \alpha} = \frac{1000 \cdot 5{,}2725 \cdot 2 \cdot 10{,}038}{10^8 \cdot 771 \cdot 56} = 2{,}450 \cdot 10^{-8}$$

Aus mehreren Bestimmungen ergab sich der Mittelwert

$$C = 2{,}454 \cdot 10^{-8},$$

so dass die Feldstärke zwischen den Spulen

$$H = \frac{771 \cdot 2{,}454 \cdot 10^{-8} \cdot 174 \cdot 10^{8}}{1000 \cdot 10{,}038} = 32{,}8\ [C \cdot G \cdot S] \text{ war.}$$

Suchen wir nun in den Tabellen auf Seite 229 die dieser Feldstärke entsprechenden Werte für μ_I und μ_{II}, so erhalten wir durch Interpolation $\mu_I = 1{,}0209$ und $\mu_{II} = 1{,}0366$, welche fast mit denen durch Anwendung des elektrodynamischen Gesetzes gefundenen Werte identisch sind. Die Uebereinstimmung ist eine so gute, dass ein günstiger Zufall dabei mitgewirkt haben muss, denn die auf S. 223 angenommene Homogenität des Feldes kann nicht vollkommen erfüllt gewesen sein.

Auf jeden Fall können wir behaupten, es sei damit die Proportionalität der elektrodynamischen Kräfte mit der Permeabilität des Zwischenmediums erwiesen.

Santiago de Chile, November 1907.

Aufgelegte Schriften:

Boletin del cuerpo de ingenieros minas del Peru. Nr. 51, 52, 54.
Acta Universitatis Lundensis. Nova series I. 1905. II. 1906.
Atti della Reale Accademia dei Lincei 1907, serie. quinta. Rendiconti Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali. Vol. 16. fasc. 5—9.
Rendiconto dell' accademia delle scienze fisiche e matematiche, Napoli ser. 3. Vol. XIII. 1907. fasc. 3—7.
Koninklijke Akademie van wetenschappen te Amsterdam.
Verslag van de gewone vergoderingen der wio- en natuurkundige ofdeeling. Deel XV. 1. u. 2. gedeelte.
Verhandelingen der Koninklijke Akademie van wetenschappen te Amsterdam. 1. sectie. deel IX. Nr. 4. 2. sectie. deel XII. Nr. 1—3.
Arkiv för Botanik. Bd. 6. Heft 3—4. 1907. Upsala u. Stockholm 1907.
Arkiv för Zoologi. Bd. 3. Heft 3—4. Upsala u. Stockholm 1907.
Arkiv för kemi, mineralogi och geologie. Bd. 2. Heft 4—6. Upsala u. Stockholm 1907.
Stavanger Museum. Aarshefte for 1906. 17. Aargang. 1907.
Jaarboek van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen. gevestigd te Amsterdam. 1906.
Archives der musée Teyler. ser. II. vol. XI. I. partie. 1907.
Leopoldina. 1907. Nr. 9—11.
84. Jahres-Bericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur 1906 nebst Ergänzungsheft: Literatur der Landes- und Volkskunde der Provinz Schlesien 1904—1906 (von Heinr. Nentwig).
Schriften der Physikalisch-Oekonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr. 47. Jahrg. 1906.
Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel. Bd. 19. Heft 2. 1907.
Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens. N. F. Bd. 49. 1906/07.
Bericht der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br. 15. Bd. 1907.
Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Halle a. S. 31. Jahrg. 1907.
Sitzungsbericht und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden. Jahrg. 1907. Januar—Juli.
Abhandlungen und Bericht LI des Vereins für Naturkunde zu Cassel über das 71. Vereinsjahr 1907.
Zeitschrift für Naturwissenschaften Halle a. S. 79. Bd. 1907. 3. u. 4. Heft.
Jahresbericht über die Verwaltung des Medizinalwesens, die Krankenanstalten und die öffentliche Gesundheitsverhältnisse der Stadt Frankfurt a. M. 48. Jahrg. 1904. Frankfurt 1907.

Sitzungsbericht des ärztlichen Vereins München. 16. 1906.
Internationales Centralblatt für die gesamte Tuberkulose-Forschung. 2. Jahrg. Nr. 1. 1907.
Bulletin de la societé impériale des naturalistes de Moscou. 1906. Nr. 3 u. 4.
Bulletin de l'academie impériale des sciences de St. Petersbourg. VI. ser. 1907. Nr. 12 und 14—16.
Nouveaux mémoires de la société impériale des naturalistes de Moscou. Bd. 17. 1. Lieferung. 1907.
Magnetisch en meteorologisch Observatorium. Batavia. Nr. 114.
125. annual report of the bureau of american ethnology. 1903—4. Washington 1907.
Smithsonian Misc. Coll. Vol XLIX Nr. 1717. Washington 1907.
Bulletin of the Wisconsin natural history society Vol. 5 N. S. Nr. 3. Milwaukee. July 1907.
University Studies, Nebraska, Vol. VII Nr. 3. Lincoln. July 1907.
Bulletin de la Société Portugaise de Sc. Nat. Vol. I Fasc. 2. Lisbonne. October 1907.
Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College Vol. LI Nr. 5, Nr. 6. Cambridge Mass. Oct., Nov. 1907.
Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences Vol XLII Nr. 29. Boston Mass. August 1907. Vol. XLIII Nr. 4, 5, 6. Boston Mass. September 1907.
25. Annual Report of the Roard of Trustees of the Public Museum. Milwaukee. Nov. 1907.
Bulletin of the University of Kansas Vol. VII Nr. 5. Lawrence Kans. March 1907.
Ohio State University Bulletin Vol. XI Nr. 10, 13, 15. March, May, June 1907.
The American Naturalist Vol. XLI Nr. 489, 490. Boston. October, September 1907.
Bulletin of the New York Public Library Vol. XI Nr. 9, 10, 11. New York. September, October, November 1907.
Transactions of the Wisconsin Academy Vol. XV Part I 1904. Madison 1905.
Smithsonian Contributions to Knowledge Vol. XXXV Nr. 1718. Washington 1907.
Sitzungsberichte der naturforschenden Gesellschaft zu Leipzig. 33. Jahrg. 1906. Leipzig 1907.
Bulletin of the Lloyd Library Nr. 9. Repr. Ser. Nr. 5. Cincinnati 1907.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1908.

MARBURG
Univ.-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch
1909.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1908.

MARBURG
Univ.-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch
1909.

Inhalts-Angabe.

Verzeichnis der Mitglieder*)

(am Schluss des Jahres 1908).

Ehrenmitglieder.

Retzius, Gustav, Prof. emerit. der Anatomie, Stockholm . 18. 1. 99.

Marchand, Felix, Dr. med., o. Prof. d. path. Anat., Geh. Med.-Rat, Leipzig . . . . 9. 1. 01.

Hittorf, Wilhelm, Dr. phil., o. Prof. der Physik, Geh. Reg.-Rat, Münster . . . . 19. 11. 01.

Graf Zeppelin, Dr. ing., Exzellenz, Friedrichshafen . . . 5. 8. 08.

Einheimische Mitglieder.

A. Ordentliche.

Ahlfeld, Friedrich, Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rat . . . . 11. 7. 83.

Bach, Ludwig, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie . . 28. 11. 00.

Bauer, Max, Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Geh. Reg.-Rat 11. 3. 85.

v. Behring, Emil, Dr. med., o. Prof. d. Hygiene, Wirkl. Geh. Rat 15. 5. 95.

Beneke, Rudolf, Dr. med., o. Prof. d. pathol. Anatomie . 14. 11. 06.

Bonhoff, Heinrich, Dr. med., o. Prof. der Hygiene . . . 9. 3. 04.
(8. 11. 99)

Disse, Joseph, Dr. med., o. Honorar-Professor d. Anatomie u. I. Prosector . . . . 13. 11. 95.

Feussner, Wilhelm, Dr. phil., a. o. Prof. der Physik . . . 14. 7. 81.
(10. 6. 69)

Friedrich, Paul, Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Geh. Med.-Rat 12. 2. 08.

Fischer, Theobald, Dr. phil., o. Prof. d. Geographie, Geh. Reg.-Rat 28. 11. 83.

Gasser, Emil, Dr. med., o. Prof. d. Anatomie. Geh. Med.-Rat 27. 1. 88.
(16. 7. 74)

---

*) Die Daten bedeuten den Tag der Ernennung, die in Parenthese gesetzten Daten den Tag der Ernennung zum ausserordentlichen Mitglied.

Hensel, Kurt, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik	10. 12. 02.
Kayser, Emanuel, Dr. phil., o. Prof. d. Geologie, Geh. Reg.-Rat	13. 1. 86.
Kohlrausch, Friedrich, Dr. phil., Präsident der physikalisch-technischen Reichsanstalt a. D.	8. 2. 05.
Korschelt, Eugen, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie . . .	26. 7. 93.
Kutscher, Friedrich, Dr. med., a. o. Professor der Physiologie	12. 2. 08.
	(16. 2. 98)
Mannkopff, Emil, Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., Geh. Med.-Rat	8. 5. 67.
Meisenheimer, Johannes, Dr. phil., Prof., Priv.-Doc. d. Zool.	5. 8. 08.
	(16. 2. 98)
Meyer, Arthur, Dr. phil., o. Prof. d. Botanik	4. 11. 91.
Neumann, Ernst, Dr. phil., a. o. Professor der Mathematik	8. 5. 07.
	(13. 12. 05)
Ostmann, Paul, Dr. med., a. o. Professor der Otologie . .	13. 11. 95.
Rathke, Bernhard, Dr. phil., o. Hon.-Prof. der Chemie . .	14. 3. 84.
Richarz, Franz, Dr. phil., o. Professor der Physik . . .	15. 5. 01.
Schenck, Friedrich, Dr. med., o. Professor der Physiologie	15. 5. 01.
Schmidt, Ernst, Dr. phil., o. Prof. d. pharm. Chem., Geh. Reg.-Rat	11. 3. 85.
Schulze, Franz Arthur, Dr. phil., Prof., Priv.-Doc. d. Physik	5. 8. 08.
	(31. 7. 01)
Tuczek, Franz, Dr. med., o. Prof. d. Psychiatrie, Geh. Med.-Rat	15. 5. 95.
	(14. 3. 90)
Zincke, Theodor, Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, Geh. Reg.-Rat	13. 1. 76.

B. Ausserordentliche.

Brauer, Ludolf, Dr. med., o. Prof. d. Med., Dir. d. med. Klinik	14. 12. 04.
v. Dalwigk, Friedrich, Dr. phil., Prof., Priv.-Doc. d. Mathemat.	9. 5. 00.
v. Drach, Alhard, Dr. phil., a. o. Prof. der Mathematik .	11. 7. 66.
Fries, Carl, Dr. phil., Abteilungsvorsteher am chem. Institut	9. 3. 04.
Gürber, August, Dr. med. et phil., a. o. Professor, Director des pharmakol. Institutes	9. 12. 08.
Haselhoff, Emil, Dr. phil., Prof., Dir. d. landw. Versuchsstation	11. 2. 03.
Hildebrand, Heinrich, a. o. Professor der Medicin . . .	14. 12. 04.
Jahrmärker, Max, Dr. med., Prof., Privat-Doc., Oberarzt d. psychiatr. Klinik	9. 2. 04.
Krauss, Wilhelm, Dr. med., Prof., Priv.-Doc. d. Augenheilkunde	10. 7. 07.
Lohmann, Alfred, Dr. med., Priv.-Doc. der Physiologie .	8. 2. 05.
Lorenz, Theodor, Dr. phil., Priv.-Doc. der Geologie . . .	14. 11. 06.
Neide, Ernst, Dr. phil.	13. 1. 04.
Reissert, Arnold, Dr. phil., Professor, Priv.-Doc. d. Chemie	11. 2. 03.
Rieländer, August, Dr. med., Priv.-Doc. der Gynaekologie	13. 6. 06.

Römer, Paul, Dr. med., a. o. Professor d. Hygiene, Abteilungsvorsteher am hygienischen Institut . . . . 9. 2. 04.
Rupp, Erwin, Dr. phil., a. o. Prof. der Chemie, Abteilungsvorsteher am pharmaceut.-chemischen Institut . . . . 14. 12. 04.
Schwantke, Arthur, Dr. phil., Assistent am mineral. Institut 21. 6. 99.
Schwenkenbecher, Alfred, Dr. med., a. o. Prof. d. Medicin, Director der medicinischen Poliklinik . . . . 13. 5. 08.
Siebert, Carl, Dr. phil., Chemiker . . . . 14. 5. 02.
Stoeckel, Walter, Dr. med., o. Prof. der Medicin, Director der Frauenklinik und Hebammen-Lehranstalt . . . . 5. 8. 08.
Stuchtey, Karl, Dr. phil., Assistent a. physik. Institut . . 9. 12. 08.
Take, Emil, Dr. phil., Assistent a. physik. Institut . . . 9. 12. 08.
Thumb, Albert, a. o. Prof. der indogermanischen Sprachen 14. 2. 06.
Tönniges, Carl, Dr. phil., Assistent am zoolog. Institut . . 16. 2. 98.
Weidenmüller, Carl, Dr. phil., Gymn.-Oberlehrer a. D., Prof. 14. 4. 82.

Auswärtige Mitglieder.*)

Ach, Narciss, Dr. med. et phil., Professor der Philosophie, Königsberg . . . . (8. 2. 05)
Ackermann, Dankwart, Dr. med., Priv.-Doc. d. Physiologie, Würzburg . . . . 5. 8. 08.
Aschoff, Ludwig, o. Prof. d. patholog. Anatomie, Freiburg i.Br. 17. 6. 03.
Axenfeld, Theodor, Dr. med., o. Prof. d. Ophthalm., Freiburg i.Br. (15. 1. 96)
Barth, Adolf, Dr. med., o. Prof. d. Otologie, Leipzig . . 4. 11. 91.
Barth, Arthur, Dr. med., Prof., Oberarzt, Danzig . . . (13. 11. 95)
Böhm, Rud., Dr. Med., o. Prof. d. Pharm., Geh. Med.-Rat, Leipzig 20. 5. 81.
Borrmann, Rob., Dr. med., Priv.-Doc. d. path. Anatom., Göttingen (14. 5. 02)
Brauer, August, Dr. phil., a. o. Professor, Direktor des naturhistorischen Museums, Berlin . . . . 17. 5. 99.
(17. 6. 96)
Braun, Ferdinand, Dr. phil., o. Prof. der Physik, Strassburg (8. 2. 78)
Braun, Heinrich, Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Geh. Med.-Rat, Göttingen . . . . 14. 4. 90.
Brauns, Reinhard, Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Bonn (27. 1. 88)
Buchholz, Adolf, Dr. med., Prof., Oberarzt, Hamburg . . 8. 12. 97.
Busz, Carl, Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Münster . (19. 6. 95)
Debus, Dr. phil., Prof., Cassel . . . . (16. 11. 59)
Dietrich, Theodor, Dr. phil., Prof., Geh. Reg.-Rat, Hannover (15. 1. 96)

*) Die mit einem * bezeichneten sind korrespondierende, die sämtlichen übrigen ehemalige einheimische Mitglieder.

Dohrn, Rudolf, Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rat, Dresden . . . . 10. 2. 64.
Drevermann, Fritz, Dr. phil., Priv.-Doc., Frankfurt . . . 11. 2. 03.
Enderlen, Eugen, Dr. med., Prof. der Chirurgie, Würzburg 12. 2. 97.
Falk, Ferdinand August, Dr. med., a. o. Prof. d. Pharm., Kiel 28. 4. 75.
Fraenkel, Carl, Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Halle . . 4. 11. 91.
Fuëter, Rudolf, o. Professor der Mathematik, Basel . . . (3. 5. 07)
Fürstenau, Eduard, Dr. phil., Geh. Reg.-Rat, Berlin . . . (25. 4. 60)
Gadamer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. der pharmaceut. Chemie, Breslau . . . . (9. 3. 98)
Goebel, Carl, Dr. phil.. o. Prof. der Botanik, München . . 27. 1. 88.
Heffter, Arthur, Dr. phil. et med., o. Professor der Pharmakologie, Berlin . . . . 14. 11. 06.
Heine, Leopold, o. Prof. der Ophthalmologie, Kiel . . . (18. 1. 99)
Hermann, Theodor, Dr. phil., Hanau . . . . (2. 7. 68)
Hess, Carl, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmol., Würzburg 11. 11. 96.
Hess, Otto, Dr. med., Prof., Priv.-Doc. der inneren Med., Oberarzt, Göttingen . . . . (25. 6. 02)
Heusler, Fritz, Dr. phil., Dillenburg . . . . (8. 2. 05)
Jung, Heinrich, Dr. phil., Priv.-Doc. der Mathematik, Oberlehrer, Hambnrg . . . . 13. 12. 05.
v. Koenen, Adolf, Dr. phil., o. Prof. der Geologie, Geh. Berg-Rat, Göttingen . . . . 28. 4. 75.
Kohl, Friedrich, Dr. phil., a. o. Prof. d. Botanik, Leipzig 13. 11. 95.
(6. 8. 84)
Kossel, Albrecht, Dr. med., o. Prof. der Physiol., Heidelberg 15. 5. 95.
Krehl, Ludolf, Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., Heidelberg 8. 11. 99.
Küster, Fr. Wilh., Dr. phil., o. Prof., Gutsbes., Müncheberg b. Berlin . . . . (26. 7. 93)
Küster, Ernst. Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Geh. Reg.-Rat, Berlin . . . . 4. 11. 91.
Küttner, Hermann, Dr. med., o. Prof. d. Chirurg., Breslau 2. 8. 05.
Loewi, Otto, Dr. med., a. o. Prof. der Pharmakologie, Wien (15. 5. 01)
Lotz, Heinrich, Dr. phil., Geologe, Berlin . . . . . . (13. 12. 99)
Mannel, Gottfried, Dr. med., Geh. Hofrat, Arolsen . . . (31. 8. 64)
Meyer, Hans, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Wien 11. 3. 85.
Müller, Friedrich, Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., München 26. 4. 98.
Nebelthau, Eberhard, Dr. med., a. o. Prof. d. inn. Med., Halle a.S. 26. 4. 98.
(15. 5. 95)
Noll, Alfred, Dr. med., a. o. Prof., Jena . . . . (16. 2. 95)
Oestreich, Carl, Dr. phil., o. Prof. d. Geographie, Utrecht (9. 3. 04)
Opitz, Erich, Dr. med., Prof., Direkt. d. Frauenkl., Düsseldorf (13. 1. 04)

Pfannkuch, Wilh., Dr. med., prakt. Arzt, Cassel . . . . (17. 1. 72)
Pfeffer, Wilh., Dr. phil., o. Prof. d. Botanik, Geh. Hofrat, Leipzig (27. 4. 71)
Plate, Ludwig, Dr. phil., o. Professor der Zoologie, Berlin (27. 1. 88)
Plenge, Enriquez, Dr. med., Heidelberg . . . . (7. 3. 99)
Ransom, Frederick, Dr. med., Cambridge . . . . (7. 3. 99)
**Rehn, Joh. Heinrich*, Dr. med., San.-Rat, Frankfurt a. M. 26. 11. 80.
Rein, Johannes, Dr. phil., o. Prof. d. Geogr., Geh. Reg.-Rat, Bonn 1. 12. 76.
Ribbert, Hugo, Dr. med., o. Prof. d. pathol. Anatomie, Bonn 20. 6. 00.
Romberg, Ernst, Dr. med., o. Prof. der klin. Medicin, Tübingen 20. 5, 00.
Rost, Eugen, Dr. med., Hülfsarb. a. Reichs-Gesundh.-Amt, Berlin (16. 2. 98)
Rubner, Max, Dr. med., o. Prof. d. Hyg., Geh. Med.-Rat, Berlin 13. 1. 86.
Rumpf, Theodor, Dr. med., Prof., Bonn . . . . 14, 3. 90.
Ruppel, Wilhelm, Dr. phil., Prof., Höchst . . . . (18. 7. 00)
Schaum, Carl, Dr. phil., a. o. Prof. d. physik. Chemie, Leipzig 13. 12. 05.
Schenck, Rudolf, Dr. phil., o. Prof. d. phys. Chemie, Aachen (11. 8. 97)
Schmidt-Rimpler, Hermann, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Halle . . . . 15. 11. 71.
Schottelius, Max, Dr. med., o. Prof. d. Hyg., Hofrat, Freiburg i. B. (11. 7. 79)
Schottky, Friedrich, Dr. phil., o. Prof. d. Math., Berlin . 15. 5. 95.
Schridde, Hermann, Dr. med., Privatdoc. d. pathol. Anatomie, Freiburg i. Br. (13. 12. 05)
Seddig, Max, Dr. phil., Frankfurt . . . . (17. 6. 03)
Seemann, John, Dr. med., Privatdoc. d. Physiologie, München (5. 6. 02)
Siemens, Friedrich, Dr. med., Geh. Med.-Rat, Dir. d. Landes-irrenanstalt Lauenburg i. P. . . . . (19. 12. 79)
**Speck, Carl*, Dr. med., San.-Rat, Kreis-Physik., Dillenburg 5. 4. 71.
Strahl, Hans, Dr. med., o. Prof. der Anatomie, Giessen . 27. 1. 88.
(14. 12. 80)
Straub, Walther, Dr. med., o. Prof. d. Pharmakol., Freiburg (13. 12. 05)
Study, Eduard, Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Bonn . (14. 3. 90)
Uhthoff, Wilhelm, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau . . . . 4. 12. 91.
Weber, Heinrich, Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Strassburg 11. 3. 85.
Wendel, Walther, Dr. med., Professor, Director des städtischen Krankenhauses Magdeburg-Sudenburg . . . . (12. 2. 02)
Wernicke, Erich, Dr. med., Professor, Director des hygien. Instituts in Posen . . . . 16. 2. 98.
(10. 2. 97)

Der Vorstand.

E. Kayser, Vorsitzender. *Fr. Kutscher*, Ständiger Schriftführer.

Engerer Ausschuss.

E. Korschelt, Stellvertretender Vorsitzender, *F. Richarz*, *F. Schenk*.

Sitzungsberichte
der
Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften
zu
MARBURG

№ 1 Januar 1908

In der Sitzung vom 8. Januar 1908 sprach Herr F. Schenck:

Ueber anomale Trichromasie.

Der Vortrag ist die Fortsetzung des in der Sitzung vom 11. Dezember 1907 gehaltenen Vortrages, welch letzterer wegen Zeitmangel nicht zu Ende geführt werden konnte.

In Ergänzung der Befunde, über die damals berichtet wurde, sei hier noch erwähnt, dass die Beobachtungen alle für helladaptierte Augen gelten.

Der Vortragende geht nun auf die theoretischen Folgerungen aus den Beobachtungen ein.

Es hatte sich ergeben, dass bei gleicher Helligkeitsverteilung im Spektrum verschiedene Stufen von Farbenempfindungsvermögen vorkommen, und dass bei gleicher Farbenempfindungsstufe verschiedene spektrale Helligkeitsverteilungen vorkommen. Daraus ist zu folgern, dass die für die Helligkeit massgebenden Gebilde von den für die Art der Empfindungen massgebenden Gebilde unterschieden werden müssen. Die verschiedenen Farbensysteme unterscheiden sich von einander durch verschiedenartige physiologische Verknüpfung ersterer mit letzteren Gebilden.

Im Sinne der Young-Helmholtz'schen Theorie sind demnach anzunehmen:

1. Drei für die Empfindungen massgebende Gebilde, ein Roterreger, ein Grünerreger und ein Blauerreger, die in der

folgenden Uebersicht kurz mit den Buchstaben *R*, *Gr* und *B* bezeichnet werden sollen.

2. Drei für die spektrale Helligkeitsverteilung massgebende Gebilde; dieselben wirken auf die Empfindungserreger als optische Sensibilisatoren und diese Wirkung ist auf optische Resonanz zurückzuführen.

Die drei Resonatoren sind ein solcher für langwelliges, einer für mittelwelliges und einer für kurzwelliges Licht; sie werden in folgendem mit den Buchstaben *L*, *M* und *K* bezeichnet.

Der Resonator *M* kann übrigens noch aus zwei Teilen bestehen, einem M_l, der für etwas längere Wellen, und einem M_k, der auf etwas kürzere Wellen resoniert; diese verschiedene Resonanz ist aus einer etwas verschiedenen Dämpfung der Teile zu erklären.

Ueber die Art der physiologischen Verknüpfung der Resonatoren mit den Empfindungserregern gibt nun die folgende Uebersicht Aufschluss:

Typus der spektralen Helligkeitsverteilung	Stufe des Farbenempfindungsvermögens	Auf den Empfindungserreger wirken die Resonatoren		
		R	*Gr*	*B*
normal (*L*, *M* und *K* sind vorhanden)	Achromasie	*L M K*	*L M K*	*L M K*
	Dichromasie	*L M*	*L M*	*K*
	Trichromasie	*L*	*M*	*K*
protanopisch (*L* fehlt; *M* u. *K* sind vorhanden)	Achromasie	*M K*	*M K*	*M K*
	Dichromasie	*M*	*M*	*K*
	Trichromasie	M_l	M_k	*K*
deuteranopisch (M_k fehlt; *L*, M_l u. *K* sind vorhanden)	Achromasie	*L* M_l *K*	*L* M_l *K*	*L* M_l *K*
	Dichromasie	*L* M_l	*L* M_l	*K*
	Trichromasie	*L*	M_l	*K*

Betreffs weiterer Einzelheiten der Theorie sei auf die frühere Publikation des Vortragenden in Pflügers Archiv Bd. 118 S. 129 verwiesen.

In der Sitzung vom 8. Januar berichtete Herr Arthur Schwantke:

Zur Nomenklatur isomorpher Körper.

In der Sitzung vom 13. März 1907 wurden vom Verfasser gewisse Erscheinungen der Zwillingsbildung und Polysymmetrie unter dem Gesichtspunkte des kristallochemischen Gleichgewichtes betrachtet. Es zeigte sich, dass sich dieselben als Äusserungen der Labilität gewisser isomorpher Mischungen auffassen liessen, in denen die Mischungskomponenten nur einen geringen Grad von Verwandtschaft in Bezug auf ihre Isomorphie aufweisen. Solche Fälle liegen in dem Grenzgebiet zwischen den im engeren Sinne isomorphen (in allen Verhältnissen mischbaren) Körpern und den weiteren Gruppen, innerhalb deren wir die morphotropischen Änderungen nicht mehr unter dem Begriff der Isomorphie betrachten dürfen.

Wenn wir den Begriff der Morphotropie dem der Isomorphie nicht koordinieren sondern überordnen, können wir die isomorphen Körper als einen speziellen Fall betrachten, in dem die morphotropische Wirkung der für einander eintretenden Elemente oder Atomgruppen die Kristallgestalt nur in geringem Grade modifiziert, indem sich die einzelnen Elemente isomorphotrop[1]) verhalten. Es wird dann die Abgrenzung bis zu einem gewissen Grade Ansichtssache bleiben können und davon abhängen, inwieweit wir noch in Fällen beschränkter Mischbarkeit oder abweichender Symmetrie von Isomorphie sprechen und wie weit wir die Differenzen in den Werten der kristallographischen Konstanten zulassen wollen. Es kann deshalb auch praktisch sein, die Körper,

1) C. Hintze. Pogg. Ann. Erg. Bd. 6. 1874. 177.

die durch die morphotropische Wirkung ihrer entsprechenden Elemente eine geringere Verwandtschaft und Mischbarkeit zeigen, durch eine besondere Bezeichnung als symmorphe[1]) von den isomorphen zu unterscheiden. Es wird sich aber auch hier zwischen beiden keine scharfe Grenze ziehen lassen. Wenigstens wird die Abgrenzung so lange eine strittige Frage bleiben, so lange es nicht gelingt, für die Isomorphie ein absolut entscheidendes Kriterium aufzustellen.

Wenn wir die einzelnen an entsprechenden Stellen morphotropisch wirksamen Elemente auf den Grad ihrer hierauf bezüglichen Verwandtschaft hin untersuchen, so finden wir, dass gewisse Elemente sich in den meisten Fällen vollkommen isomorph vertreten und mischen, während andere zum Teil in isomorpher zum Teil in symmorpher Beziehung stehen. Die morphotropische Wirkung eines Elements hängt nicht nur von diesem selbst ab, sondern auch von der jeweiligen Verbindung. Es ist deshalb auch nötig bei der Beurteilung der morphotropischen Verwandtschaft der einzelnen Elemente die verschiedenen Arten von isomorphen Verbindungen zu unterscheiden.

In den Gruppen der schwefel-, chrom- und selensauren Salze sind z. B. isomorph

K_2SO_4	K_2CrO_4	K_2SeO_4
Rb_2SO_4	Rb_2CrO_4	Rb_2SeO_4
Cs_2SO_4	Cs_2CrO_4	Cs_2SeO_4

Es sind aber auch isomorph

K_2SO_4	$RbSO_4$	$CsSO_4$
K_2CrO_4	$RbCrO_4$	$CsCrO_4$
K_2SeO_4	$RbSeO_4$	$CsSeO_4$

1) R. Brauns. Chemische Mineralogie 1896. 217. — Die in ihnen sich vertretenden Elemente können wir dann entsprechend nach ihrem morphotropischen Verhalten als symmorphotrop bezeichnen.

In den ersten Reihen vertreten sich isomorph *K*, *Rb*, *Cs*, in den letzten *S*, *Cr*, *Se*. Wir können aber auch die isomorphe Reihe bilden

$$K_2 SO_4$$
$$Rb_2 Cr O_4$$
$$Cs_2 Se O_4$$

Hier haben wir eine doppelte gegenseitige Vertretung einerseits von *K*, *Rb*, *Cs*, andrerseits von *S*, *Cr*, *Se*. Die Glieder der vorigen Reihen sind in ganz anderer Weise isomorph untereinander als die der letzten und es kann von Vorteil sein, diesen Unterschied besonders zu bezeichnen. Wir können ganz allgemein sagen: Wenn sich gewisse Elemente $A_1 A_2 A_3 \ldots$, $B_1 B_2 B_3 \ldots$, $C_1 C_2 C_3 \ldots$ u. s. f. gegenseitig isomorph vertreten, so nennen wir die isomorphen Reihen, in denen sich nur je eine Gattung von Elementen, die *A* oder die *B* oder die *C* u. s. w. isomorph vertreten, und die daraus entstehenden isomorphen Mischungen vom ersten Grade, diejenigen, in denen sich zweierlei Arten von Elementen je untereinander vertreten, die *A* und die *B*, oder die *A* und die *C* oder die *B* und die *C* u. s. w., vom zweiten Grade, solche in denen sich sowohl die *A* wie die *B* und auch die *C* je unter vertreten, vom dritten Grade und so fort. Wir werden aus der Existenz solcher isomorpher Gruppen oder Mischungen höheren Grades stets auf die Existenz oder die Möglichkeit der Isomorphie des ersten Grades zurückschliessen dürfen und werden auf die entsprechenden Reihen des ersten Grades zurückgehen, wenn wir den Grad der morphotropischen Verwandtschaft der einzelnen *A*, *B* oder C rein erkennen wollen.

Zu einer Isomorphie vom ersten Grade werden wir es auch rechnen, wenn ein Atom durch eine Atomgruppe von der gleichen Wertigkeit vertreten wird, wie z. B. beim Desmin $(Ca, Na_2)\, Al_2 Si_6 O_{16} + 6 H_2 O$ ein Atom *Ca* durch $2 Na$ oder in der Reihe der Alkalisalze z. B. *K* durch NH_4 (Sylvin und Salmiak). Wir werden auch hier aus der isomorphen Reihe des ersten Grades den Grad der morphotropischen Verwandt-

schaft solcher Atomgruppen unter einander und in Bezug auf die durch sie vertretenen einfachen Elemente von gleicher Wertigkeit ermitteln können.[1])

Anders liegen die Verhältnisse bei der Plagioklasgruppe. Die hierher gehörigen Mineralien liefern uns eins der besten Beispiele für isomorphe Mischungen in allen Verhältnissen, es ist deshalb durchaus berechtigt, die beiden sich mischenden Endglieder als isomorph zu bezeichnen. Es sind

der Albit $Na_2\ Al_2\ Si_6\ O_{16}$
der Anorthit $Ca\ Al_2\ Si_2\ O_8$

Aus der chemischen Formel würden wir keine Isomorphie vermuten. Um eine atomistische Uebereinstimmung zu erzielen, müssen wir das Molekül des Anorthit verdoppeln und schreiben Albit $Na_2\ Al_2\ Si_2\ Si_4\ O_{16}$
Anorthit $Ca_2\ Al_2\ Al_2\ Si_4\ O_{16}$

Es würden sich hier vertreten Na_2 und Ca_2, Si_2 und Al_2, aber es wäre falsch, dadurch auf eine Verwandtschaft der morphotropischen Wirkung von Na_2 und Ca_2 oder von Si_2 und Al_2 im einzelnen zu schliessen. Hier ist die Wertigkeit der einzelnen Elemente verschieden, aber wenn auf der einen Seite die Wertigkeit durch Eintritt von *Al* für *Si* sinkt, so steigt sie um ebensoviel durch Eintritt von *Ca* für *Na*, nur die Gesamtwertigkeit bleibt die gleiche. Dasselbe haben wir in der Augitreihe. Der tonerdefreie monokline Augit hat die Zusammensetzung $(Mg,\ Fe)\ Ca\ Si_2\ O_6$, die tonerdehaltigen können wir uns denken (wenn wir von dem analogen Gliede $(Mg,\ Fe)\ \overset{III}{Fe}\ Si\ O_6$ absehen) als isomorphe Mischungen

von $(Mg\ Fe)\ Ca\ Si_2\ O_6$ . . . . $(Mg,\ Fe)\ Ca\ Si\ Si\ O_6$
und $(Mg\ Fe)\ Al_2\ Si\ O_6$ . . . . $(Mg,\ Fe)\ Al\ Al\ Si\ O_6$

---

1) Es wird auch leicht sein, die Unterschiede unter solchen isomorphen Reihen des ersten Grades je nach dem Grade der Verwandtschaft oder der Beschaffenheit der sich vertretenden Elemente oder Atomgruppen durch besondere Bezeichnungen auszudrücken. Vergl. am Schluss.

Es kommt auch hier nur die Gesamtwirkung beim gleichzeitigen Ersatz von Ca durch Al und Si durch Al zur Geltung.

Während die Eigenschaften der isomorphen Mischungen vom ersten Grade — und auch solcher von höherem Grade, sofern wir solche Reihen auflösen können in Reihen vom ersten Grade — additiver Natur sind, sind die Eigenschaften der zuletzt besprochenen Fälle mit Bezug auf die für einander eintretenden Elemente konstitutiv. Wir können die isomorphen Reihen und Mischungen von dieser Art zum Unterschiede von der ersten Art als isomorphe Reihen und Mischungen der höheren Ordnung bezeichnen.

Hierzu gehören auch die Fälle, in denen sich nicht die Verbindungen einzelner Elemente, sondern nur ihre Doppelsalze isomorph mischen. Ein Beispiel hierfür haben wir ebenfalls schon in der Augitgruppe. Während die rhombischen Silikate $MgSiO_3$ und $FeSiO_3$ eng isomorph sind und sich in allen Verhältnissen mischen, sind diese mit dem monoklinen Silikat $CaSiO_3$ nur symmorph und erst die Doppelsalze $CaMgSi_2O_6$ und $CaFeSi_2O_6$ sind isomorph mischbar.

Dasselbe gilt von der Kalkspatgruppe. Auch hier sehen wir die Neigung zur Bildung von Doppelsalzen $CaMgC_2O_6$, $CaFeC_2O_6$, $MgFeC_2O_6$ und können daher sagen, dass die einzelnen Elemente untereinander nur eine geringere morphotropische Verwandtschaft in der Verbindung RCO_3 besitzen; die isomorphen Mischungen können wir dann ansehen als solche der Doppelsalze. Aus der Isomorphie oder Symmorphie der Einzelverbindungen $\overset{II}{R}CO_3$ mit den Doppelsalzen werden wir allerdings hier (wie auch in der Augitgruppe) auf die Molekularformel $\overset{II}{R}_2C_2O_6$ schliessen müssen. Dass wir aber hier keine Isomorphie der ersten Ordnung in der Reihe ersten Grades der sich vertretenden Atomgruppen Ca_2, Mg_2, Fe_2 etc. vor uns haben, beweist das Auftreten der Doppelsalze, denen im Gegensatz zu den additiven isomorphen Mischungen im zufälligen Verhältnis 1 : 1 konstitutive Eigenschaften zu-

kommen müssen. Dass wir es tatsächlich hier um eine isomorphe Reihe höherer Ordnung zu tun haben, kommt auch dadurch zum Ausdruck, dass zu dieser Reihe $\overset{II}{R}CO_3$ noch der Salpeter $NaNO_3$ hinzutritt.

Es ist ersichtlich, dass sich auch unter den Reihen und Mischungen der höheren Ordnung noch eine weitere Gruppierung wird vornehmen lassen, es dürfte aber das bisher vorliegende Material noch kaum ausreichen, um eine weitergehende Einteilung daraus zu gewinnen. Auch in dem Falle der Isomorphie erster Ordnung wird man innerhalb der Reihen ersten Grades noch die isomorphen Gruppen und Mischungen der im periodischen System nahe stehenden Elemente, in denen sich alle Eigenschaften periodisch nach der Reihenfolge der sich vertretenden Elemente ändern, nach dem Vorgange von Linck[1]) als eutropische von der Gruppe der Verbindungen der weiter auseinander stehenden Elemente und diese wieder von solchen, in denen einfache Atome durch gleichwertige Doppelatome oder Atomgruppen vertreten werden, unterscheiden können.

Die hier vorgeschlagene Nomenklatur ermöglicht eine Einteilung nach der Art der morphotropischen Wirkung auch innerhalb der isomorphen Körper und wird dadurch bis zu einem gewissen Grade auch unabhängig davon, wie weit oder eng der Begriff der eigentlichen Isomorphie gefasst werden soll. Es bleibt im Grunde gleichgültig, ob wir die Mischungen von höherer Ordnung als isomorphe oder symmorphe bezeichnen wollen; es spricht aber vielleicht gerade der Unterschied der Mischbarkeit der Doppelsalze gegenüber der nicht vorhandenen oder beschränkten Mischbarkeit der einfachen Verbindungen, ebenso auch die absolute Mischbarkeit in der Plagioklasgruppe dafür, auch bei diesen Mischungen der höheren Ordnung den Begriff der Isomorphie beizubehalten.

---

1) Zeitschr. f. phys. Chem. XIX, 1896, 193.

Dann sprach Herr R. von den Velden (als Gast):

Zur Pharmakologie der Kreislaufkoordination.

Seitdem die klinischen, unblutigen, Blutdruckmessungen eingeführt wurden, suchte man sich mit Hülfe dieser Methoden über die Funktionsfähigkeit des Kreislaufes auf die verschiedenste Weise ein Bild zu machen. Ist jedoch schon der Blutdruck, wie wir ihn intraarteriell am Tier als sog. „mittleren Blutdruck" bestimmen, keinesfalls als Indikator für die Funktionstüchtigkeit des Kreislaufes zu betrachten, wie erst neuerdings wieder Tigerstedt[1]) mit aller Präzision hervorgehoben hat, so darf man erst recht nicht den Blutdruck im klinischen Sinne zur Analyse des Kreislaufes ohne weiteres heranziehen. Ich meine damit den „Blutdruck", wie er bis vor kurzem mittelst verschiedener unblutiger Methoden in der Klinik bestimmt wurde; denn diesen Bestimmungen haften grosse Fehler mangelhafter Technik und einseitiger Bestimmung des sog. maximalen oder systolischen Blutdruckes an. Erst neuere Arbeiten und die Anwendung einer neuen Methode, vor allem die Einführung eines neuen Instrumentes (Tonometer Recklinghausen) haben uns in den Stand gesetzt, auf unblutigem Wege an den Gefässbezirken des Armes oder des Beines Werte zu erhalten, die schon eher das Anrecht darauf haben den wirklichen Druckverhältnissen in den betr. Gefässbezirken nahezukommen. Wir bestimmen heutzutage den systolischen, maximalen und den diastolischen, minimalen Blutdruck, umgrenzen damit die sog. Pulsamplitude und können durch die verschiedensten Berechnungen, unter Hinzuziehung der Pulszahl und des Mitteldruckes einen tieferen Einblick in die Arbeit des Kreislaufes, wenigstens in dem betr. Gefässgebiet, erhalten. Aber

1) Ergebn. d. Physiol. VI. 1—2.

aus diesen einmal gewonnenen absoluten Werten dürfen wir noch nicht weitgehendere Schlüsse auf die Funktionstüchtigkeit des Kreislaufes ziehen.

Das Bestreben mit möglichst einfachen Mitteln eine Funktionsprüfung des Kreislaufes zu schaffen, hat mich[1]) dazu geführt vor Jahresfrist eine Methode anzugeben, bei der man in vier verschiedenen Körperlagen nacheinander die maximalen und minimalen Druckwerte im passiv gehaltenen Arme bestimmt, und zwar wird von der liegenden zur sitzenden Stellung mit erhobenen und dann mit gesenkten Beinen und schliesslich zur aufrechten Stellung übergegangen. Bei einem normalen Kreislauf, der mit normalem Herz, normalem Gefässsystem und normalen Vasomotoren-Apparaten arbeitet, erhält man dabei ganz konstante Werte, die in Form eines Diagramms aufgezeichnet folgendes Bild ergeben (vergleiche nebenstehendes Normal-Diagramm). Auf die Definition und die zur Erklärung notwendigen zahlreichen Untersuchungen näher einzugehen, muss ich hier verzichten und verweise auf die ausführliche Bearbeitung, wie sie in der Dissertation von Herrn Bröking[2]) und in meiner Habilitationsschrift[3]) niedergelegt ist.

Ich will von der Angabe der absoluten Werte, die sich am normalen Menschen ergeben, absehen und Sie nur auf den Verlauf der Kurve, auf das Verhältnis der einzelnen Werte zu einander, aufmerksam machen, ein Verlauf, wie er sich bei zahlreichen Nachuntersuchungen stets wieder, natürlich mit geringen Schwankungen innerhalb der physiologischen Breite, ergeben hat. Einen solchen Kreislauf, der solch ein Diagramm zeigt, bezeichne ich als koordiniert, weil bei ihm die Forderung erfüllt ist, das auf gewisse Anforderungen, wie sie der Lagewechsel mit sich bringt, Herz, Gefässe und Nervensystem in ganz bestimmter für den

1) Münch. Med. Woch. 1907.

2) Zeitschrift f. exp. Path. und Therap. Bd. IV.

3) Koordinationsstörungen des Kreislaufs. Marburg 1907.

Normal-Diagramm, am Arm bestimmt.

Sy = systolische Druckwerte.
Di = diastolische „
m = Mitteldruck.
A: Messung in Horizontallage.
B: „ „ sitzender Stellung mit horizontalen Beinen.
C: „ „ „ „ „ herabhängenden Beinen.
D: „ „ aufrechtstehender Stellung.

Organismus optimaler Weise reagieren. Nachdem das normale Diagramm festlag, und nachdem die Haupttypen[1]) der pathologischen Kreislaufzustände gezeichnet waren, bin ich dazu übergegangen die Einwirkung verschiedener Arzneimittel auf den Kreislauf bei Anwendung dieser Methode der Funktionsprüfung zu studieren. Genauere Untersuchungen am Kreislauf über die Wirkung der verschiedenen Kreislauf-Arzneimittel, vorgenommen mit unseren neueren Methoden, stehen am Menschen bis auf Digitalisuntersuchungen überhaupt noch aus. Bei Anwendung der vorliegenden Methode der Funktionsprüfung hoffte ich aber ausserdem noch deutlichere Bilder von der Beeinflussung des Kreislaufes durch die Pharmaka zu erhalten, als dies bei einfacher Messung möglich gewesen wäre. So möchte ich Ihnen heute nun in kurzen Zügen die Hauptresultate einer Anzahl grösserer Versuchsreihen mitteilen, die Herr Sonnenkalb auf meine Veranlassung am normalen und kranken menschlichen Kreislauf mit den verschiedensten Mitteln vorgenommen hat.

Aus der Zahl der vorliegenden Untersuchungen will ich Ihnen Repräsentanten folgender 3 Gruppen anführen:

1. Sedativa und Narkotica.
2. Vasodilatatorisch wirkende Mittel.
3. Analeptika.

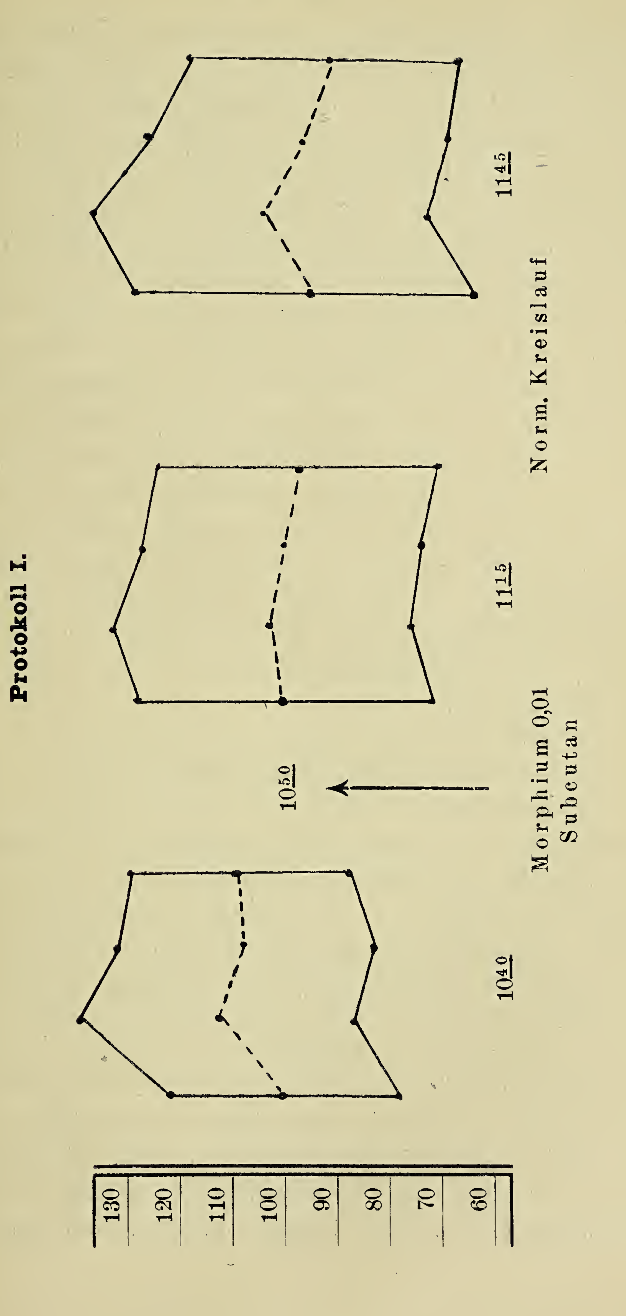
Beginnen wir zunächst mit den Mitteln, die eine sedative resp. narkotische Wirkung ausüben. Aus der Reihe der Opiate haben wir das Morphium gewählt, als Repräsentant der Narkotica resp. Hypnotica das Chloralhydrat, und schliesslich noch ein erst neuerdings vielfach angewandtes Sedativum, das Bromural.

Morphium.

Betrachten wir als Paradigma die Morphiumkurve, wie wir sie an einem normalen Menschen gewonnen haben. Protokoll 1 zeigt zuerst die Kurve, wie ich sie vorhin schon als normales Diagramm schilderte, gewonnen vor der Injektion.

---

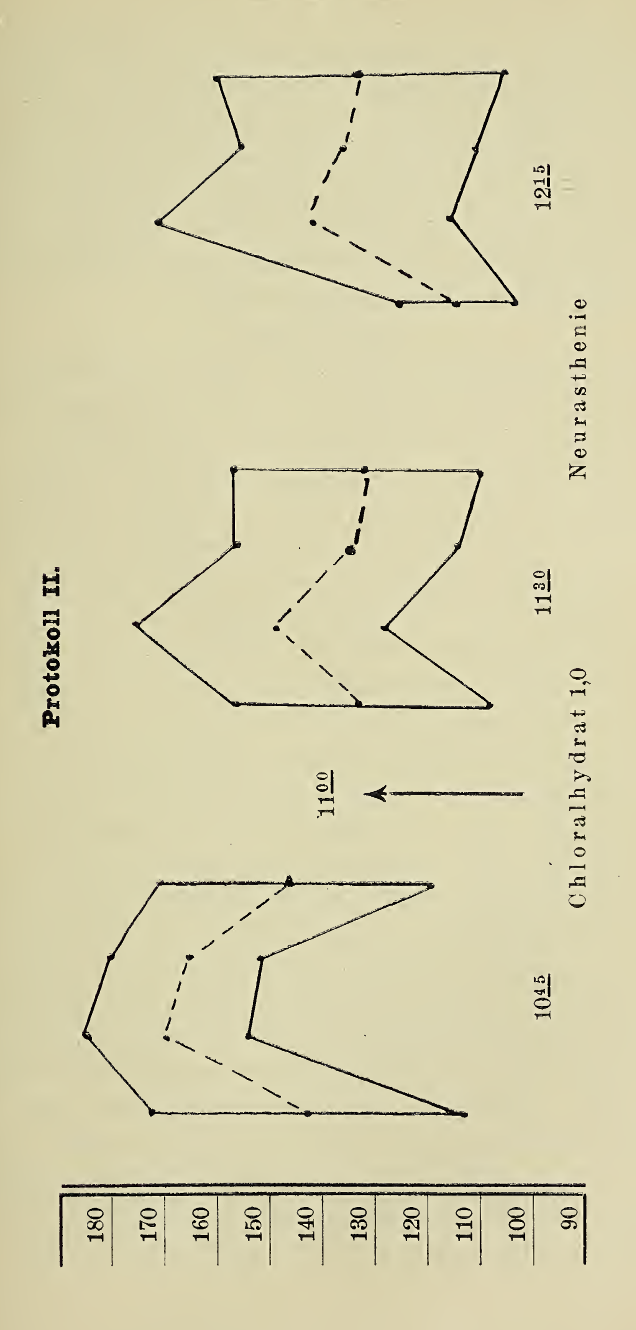
1) Koordinationsstörungen des Kreislaufs. Marburg 1907.


Protokoll I.
130
120
110
100
90
80
70
60
10⁴⁰
10⁵⁰
11¹⁵
11⁴⁵
Morphium 0,01
Subcutan
Norm. Kreislauf

10 Minuten darauf wurde 0,01 Morphium subkutan injiciert und die zweite Kurve zeigt Ihnen das Bild um 11,15 Uhr, die dritte um 11,45 Uhr. Das klinische Bild zeigt uns eine gute Morphiumwirkung. Patient wurde sehr ruhig und versank in einen schlafähnlichen Zustand mit ruhiger Atmung und gerötetem Gesicht. An den Kurven können Sie deutlich erkennen vor allem ein Heruntergehen des minimalen Druckes, während die systolischen oder maximalen Werte im grossen und ganzen die Tendenz haben, auf der gleichen Höhe zu bleiben. Der in der Mitte eingezeichnete, aus diesen beiden Werten resultierende Mitteldruck sinkt infolgedessen deutlich ab, der Puls wird langsamer, die Pulswelle, wie sich aus der Kurve ja ergibt, voller und grösser. Nach alledem haben wir es also mit einer allgemeinen Gefässerweiterung zu tun. Die peripheren Widerstände im Kreislauf sinken und es liegt kein Anlass vor, hier zwischen den Resultaten in dem beobachteten Armgefässbezirk und den anderen Gefässgebieten, in Sonderheit dem ausschlaggebenden Splanchnicusgebiet eine Differenz in Form eines Antagonismus, wie man ihn häufig finden kann, anzunehmen.

Das prinzipiell gleiche Resultat geben alle anderen Versuche an normalem und pathologischem Kreislauf.

Wir haben also im ganzen Kreislauf nach subkutaner Morphiumgabe in therapeutischer Dosis einen Nachlass des Tonus anzunehmen, wie man ihn bisher nur am Menschen nachgewiesen hat für die Hautgefässe (Rötung und Wärmeabgabe). Hinweisen möchte ich ganz kurz, ohne mich auf eine speziellere Kreislaufanalyse einzulassen, auf das Verhalten der systolischen Werte und damit zum Teil auch des Herzens, namentlich im Vergleich zu den nachher anzuführenden Resultaten bei den anderen Sedativis. Die systolischen Werte sinken so gut wie gar nicht bei Morphium ab, das Herz arbeitet also kräftiger und es ist hier die Stelle, um sich der Angabe von O. Rosenbach zu erinnern, dass das Morphium auch als ein richtiges Cardiotonikum aufgefasst


Protokoll II.
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
10 45
11 00
11 30
12 15
Chloralhydrat 1,0
Neurasthenie

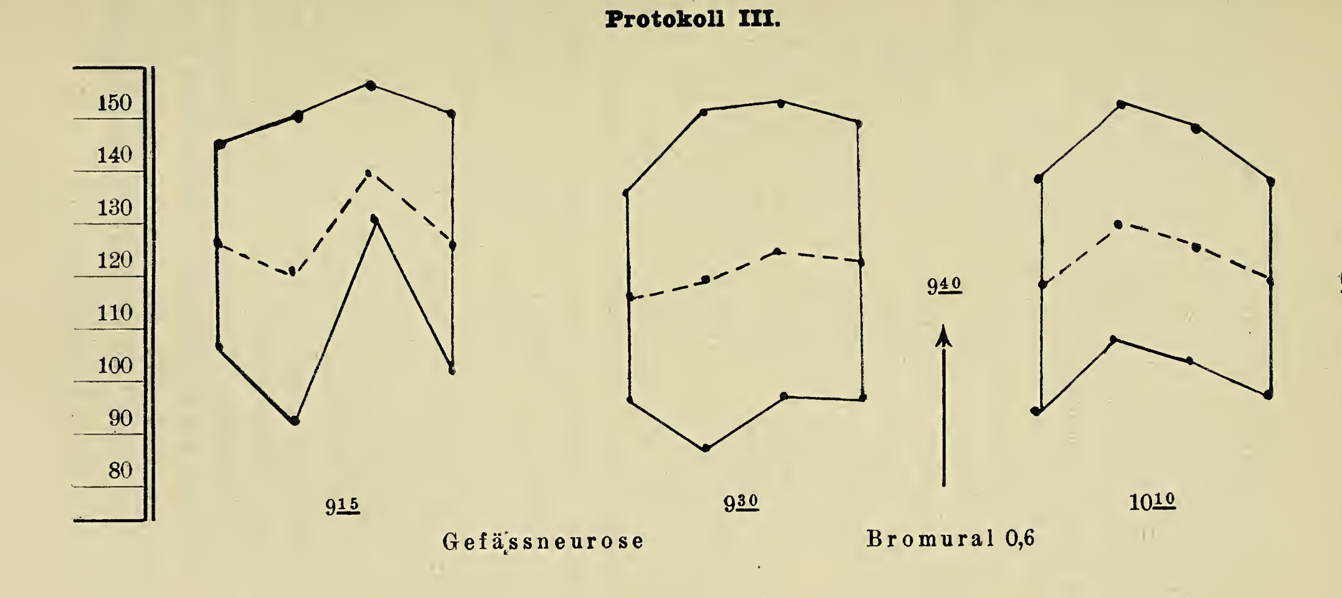
werden müsse. Eine sichere Entscheidung dieser Frage lässt sich aus unseren bisherigen Beobachtungen und wohl überhaupt auf klinisch-experimentellem Wege nicht bringen Durch unsere Resultate wird die gute Wirkung des Morphiums unter anderem bei den sog. „Hochspannungszuständen“ gut illustriert; Zuständen, bei denen einem erkrankten Herzen durch irgendwelche pathologische Reize ein erhöhter peripherer Gefässwiderstand entgegengesetzt wird.

Chloralhydrat.

Die Pharmakologie lehrt uns, dass das Chloralhydrat als Repräsentant einer Gruppe, zu der Chloroform, Amylenhydrat usw. gehören, eine Herabsetzung der Erregbarkeit der vasomotorischen Centren, in grösseren Dosen eine periphere Gefässlähmung veranlasst und dass ausserdem, allerdings erst in hohen Dosen auch eine Herzschädigung und zwar an den motorischen Ganglien eintreten kann. Betrachten wir die Reaktion des normalen Kreislaufs auf Chloralhydrat. Protokoll 2 zeigt ein deutliches Herunterfallen der diastolischen und systolischen Werte nach Zufuhr von 1,0 Chloralhydrat per os. Dabei sinken die systolischen Werte stärker als die diastolischen, der Mitteldruck fällt ebenfalls dementsprechend, die Pulsamplitude wird etwas kleiner. Dabei fand sich in diesem Falle keine schlafmachende Wirkung dieser Dosis Chloralhydrat. Wir müssen also nach dem vorliegenden Diagramm, das mit den anderen prinzipiell übereinstimmt, eine nach diesem Narkotikum einsetzende allgemeine Gefässerweiterung stärkeren Grades annehmen, und ich bitte Sie dieses Bild zu vergleichen mit dem nach Morphium erhaltenen Diagramm.

Es stimmen diese Resultate überein mit den Erfahrungen der Klinik und des Tierexperimentes und mahnen uns mit Narkoticis, namentlich mit dem Chloralhydrat, bei pathologischen Kreislaufverhältnissen vorsichtig zu sein, da durch eine zu starke allgemeine Drucksenkung ohne Tonisierung des Herzens, dazu mit der Gefahr einer Herznarkose, unter Umständen die Ruhe einer Nacht zu teuer erkauft wird.

Protokoll III.

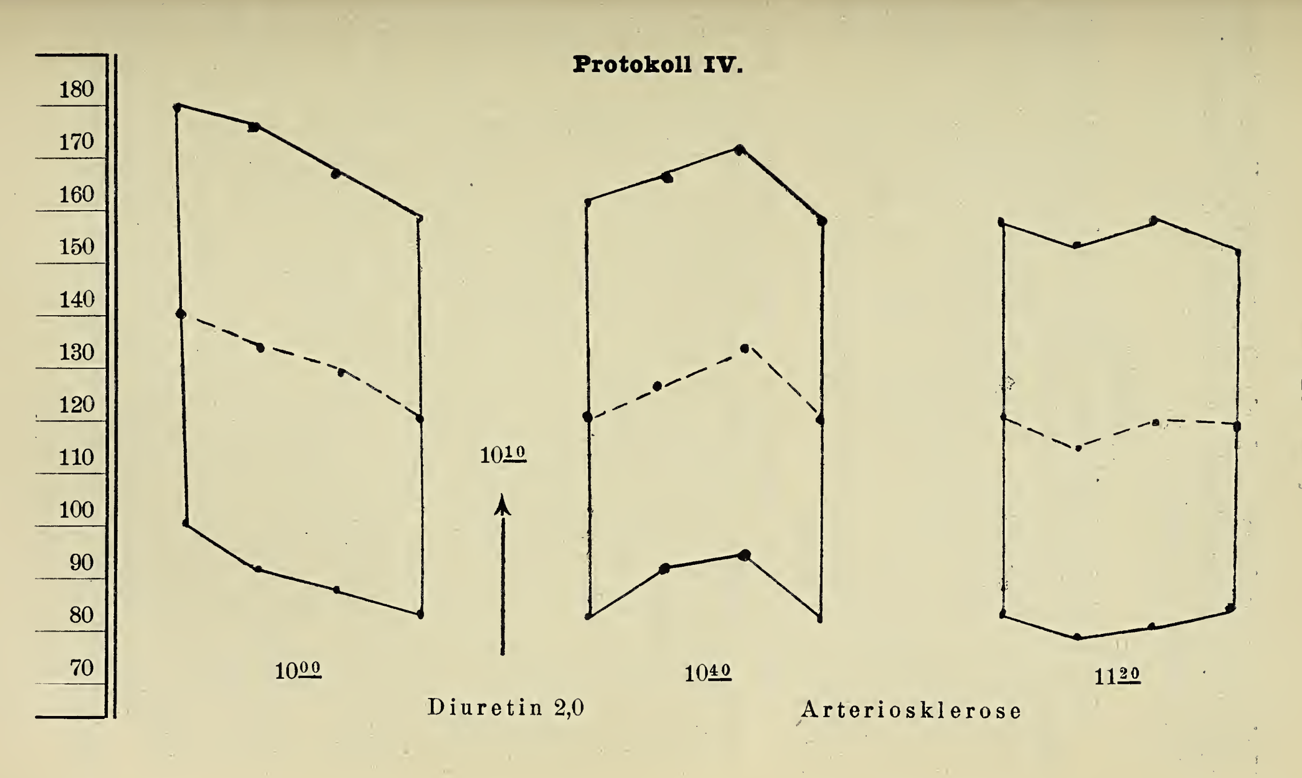


Bromural.

Schiesslich führe ich Ihnen Protokolle an, die wir bei Anwendung eines erst neuerdings in Gebrauch gekommenen Sedativums gewonnen haben. Es handelt sich um ein sehr schwaches Narkoticum, einen Mono-Bromisovalerianylharnstoff, dessen gute sedative und schlaferregende Wirkung wir schon längere Zeit in der hiesigen Klinik erprobt haben.[1]) Ein wie mildes Mittel wir in dem B. vor uns haben, im Vergleich z. B. zum Chloralhydrat, kann man daraus ersehen, dass am normalen Kreislauf so gut wie gar keine Differenzen vor und nach Einnahme des Mittels zu bemerken sind. Wendet man dieses Sedativum jedoch an z. B. in Fällen nervöser Kreislaufstörungen, so kommen die Resultate ganz eklatant hervor. Hier sehen Sie z. B. in Protokoll 3 einen jungen Menschen mit starker vasamotorischer Neurose ohne jegliche organische Grundlage. Sein Diagramm zeigt ein tanzendes bizarres Bild, wie es bei diesen übererregbaren Vasomotoren-Apparaten typisch ist. Nach 0,6 Bromural tritt alsbald ein Umschwung ein. Patient zeigt ein ruhigeres Verhalten und sein Kreislauf bietet ein koordiniertes Diagramm, ohne dass irgendwelche erheblichere Abweichungen der absoluten Werte von der Norm zu konstatieren wären. Der gleiche Effekt liess sich in anderen ähnlichen Fällen in gleicher Weise konstatieren. Es werden die in das Pathologische verzerrten Werte auf das Normalmass reduzirt. Diese Tatsachen decken sich sehr gut mit den klinischen Erfahrungen, die ich mit diesem Brombaldrianpräparate bei zahlreichen Erregungszuständen des Kreislaufes machen konnte. Zusammen mit dem Schwinden der allgemeinen Uebererregbarkeit geht Hand in Hand das Wiedereintreten der koordinierten Arbeit der Vasamotoren-Apparate. Wir haben also bei Bromural ein ganz anderes Bild, als wie bei Morphium und wie bei Chloralhydrat.

Anzufügen sind hier die Untersuchungen mit Mitteln, die auf andere Weise eine periphere Gefässerweiterung, ohne

1) Deutsche Mediz. Wochenschr. 07. 6.



Protokoll IV.
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
10^{00}
10^{10}
Diuretin 2,0
10^{40}
Arteriosklerose
11^{20}

Narkose, veranlassen und als Repräsentant dieser Gruppe führe ich nur das Diuretin, ein Doppelsalz des Theobromins, Theobromin. natr. salicyl. an.

Diuretin.

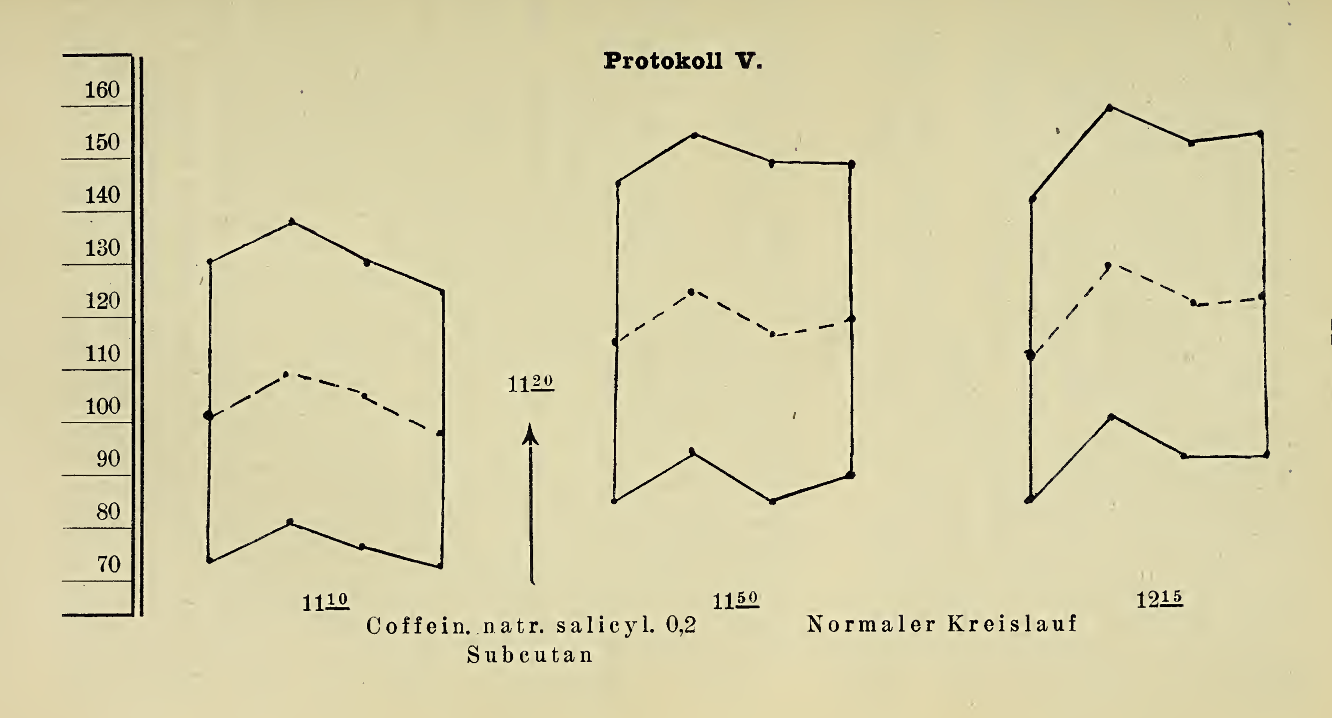
Erst klinische Erfahrungen haben uns darauf aufmerksam gemacht, dass dieses Dimethylxanthin, abgesehen von seinen diuretischen Wirkungen, denen es seinen Namen verdankt, eine ganz ausgesprochene Kreislaufwirkung besitzt und zwar vorwiegend eine gefässerweiternde zum Unterschied gegen das Trimethylxanthin, das Coffein. Man hat mit D. in Fällen von Gefässspasmen, wie sie auf rein nervöser oder durch organische Gefässalteration bedingter Basis entstehen, sehr gute Erfolge gesehen.

Unsere mit D. angestellten Versuche ergaben alle untereinander prinzipiell das gleiche Resultat, nur zeigte sich am pathologischen Kreislauf der Effekt bedeutend eklatanter wie unter normalen Verhältnissen. Ueberall sieht man ein deutliches bis starkes Heruntergehen der diastolischen, zugleich mit einem Sinken der systolischen Werte; dementsprechend senkt sich der Mitteldruck. Die Pulszahlen zeigen keine bedeutendere Aenderungen. Dieses Bild, das wir nach Gaben von 1,5 bis 2 g Diuretin per os nach ca. $1/2$ Stunde schon erhielten, deckt sich mit dem nach Chloralhydrat erhaltenen, nur dass hier das auslösende Moment wohl an einer ganz anderen Stelle anfasst. Ob diese in der glatten Muskulatur oder in den zugehörigen nervösen Zentralapparaten zu suchen ist, bleibt noch dahingestellt, jedenfalls zeigt sich diese spasmolytische Wirkung nicht nur an den Gefässen, sondern ich konnte sie auch unter Umständen bei gewissen Formen von Asthma bronchiale, die ich mit Diuretin erfolgreich bekämpfte, beobachten.[1]) Als Beispiel füge ich hier Protokoll 4 an.

Dieses Resultat koinzidirt also mit unseren klinischen Erfahrungen und die starke Drucksenkung in pathologischen

1) Münch. Med. Woch. 07. 14.

Protokoll V.


160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
11 10
11 20
11 50
12 15
Coffein. natr. salicyl. 0,2
Subcutan
Normaler Kreislauf

Fällen warnt uns wieder vor zu starker und langausgedehnter Medikation mit diesem jetzt vielfach angewandten Körper. Der allgemeine Blutdruck wird unter Umständen zu stark herabgesetzt, und der Organismus entbehrt dann einen Druck, den er zur Aufrechterhaltung seiner Organfunktionen bedarf. Unangenehme Kollapse nach Diuretin sind, abgesehen von der durch das Mittel hervorgerufenen störenden Magenreizung, und einer eventuell zu schnell und zu stark eintretenden Entwässerung, auf diese hier angeführte starke Gefässerweiterung zu beziehen.

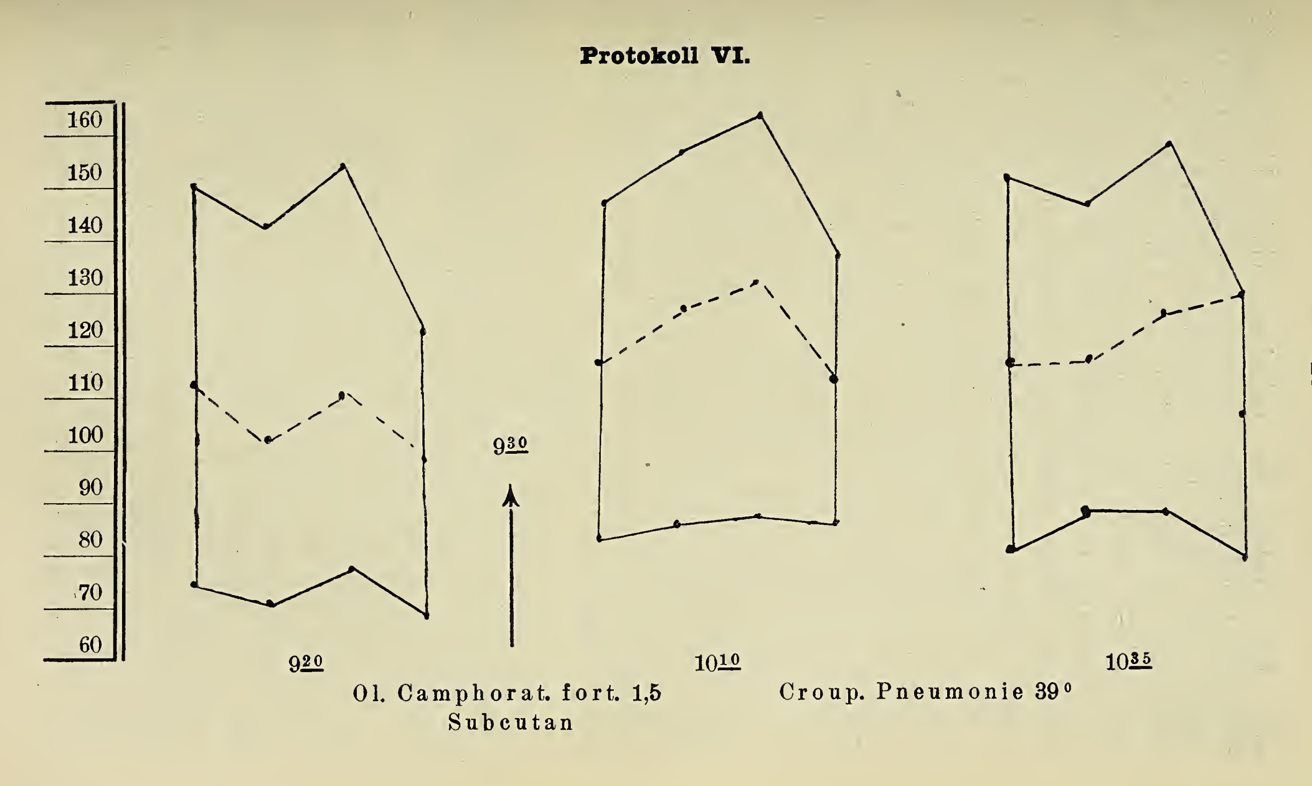
Angefügt hieran sei die Besprechung des Coffein, des Trimethylxanthin und hiermit die letzte Gruppe, die Analeptika.

Coffein.

Nach pharmakologischen Prüfungen hebt dieses Mittel die Herzkraft, beschleunigt den Puls und steigert die Erregbarkeit der Vasamotoren-Apparate.

Aus unseren Protokollen geht hervor, dass am normalen, wie namentlich am pathologischen Kreislauf nach subcutaner Zufuhr von 0,2 Coffein. natrio-salizyl. eine Verschiebung sämtlicher Werte nach oben eintritt; die diastolischen, wie in ganz besonderer Weise die systolischen Druckwerte erfahren eine deutliche Steigerung, wie aus Prot. V. gut zu ersehen ist. Es zeigt sich also ein Wachsen der peripheren Widerstände wohl gleichzeitig mit einer Hebung der Herzkraft, wobei der Puls eher eine Neigung zur Verlangsamung statt zur postulirten Beschleunigung zeigt. Dabei findet sich am normalen Kreislauf eine Veränderung des normalen Diagrammes in ein abnormes, als Zeichen der durch das Coffein gesetzten Ueberregbarkeit, ein Bild wie es mit dem bizarren Verhalten des Diagrammes bei Gefässneurosen deutlich übereinstimmt. Andererseits wird bei schlechtem peripheren Tonus das Normaldiagramm mit Besserung der Kreislaufverhältnisse wieder hergestellt. Am besten lässt sich dies zeigen an dem durch Infektionskrankheiten geschädigten Kreislauf; hier ist ja auch

Protokoll VI.



Ol. Camphorat. fort. 1,5
Subcutan

Croup. Pneumonie 39°

nach den Arbeiten der Leipziger Schule das eigentliche Gebiet der Coffeintherapie und Untersuchungen bei Pneumonie zeigten uns die oben skizzierten Veränderungen nach Coffeingabe in eklatantester Weise. Es zeigte sich auch hier der Wert dieser Art der Funktionsprüfung; denn gerade die Besserung der Coordination, das Wiedereintreten der Tonus der Gefässe zeigt sich am deutlichsten bei der senkrechten Stellung, die dem Kreislauf in der letzten Position D. der Prüfung zugemutet wird. Die absoluten Werte sind hier noch nicht deutlich gesteigert, namentlich nicht die in Rückenlage gewonnenen, aber der ganze Verlauf des Diagrammes zeigt sichtlich den Einfluss der Therapie. Der Effekt gestaltet sich immer deutlicher und noch 1 Stunde post injectionem ist der Kreislauf unter der Coffeinwirkung.

Unsere Resultate schliessen sich der experimentellen Pharmakologie vollständig an und verifizieren den Enthusiasmus, den man dem Coffein namentlich bei Infektionskrankheiten als einem schnell, kräftig und relativ lange wirkenden Analeptikum, vorwiegend für die peripheren Gefässe, entgegengebracht hat.

Campher.

An letzter Stelle sei noch der Campher angeführt, das Excitans, das die weiteste Verbreitung in der Klinik gefunden hat, dessen pharmakodynamische Analyse jedoch noch immer nicht als ganz abgeschlossen gelten kann.

Man hat den Campher untersucht am Kreislauf von Kalt- und Warmblütern, am erkrankten wie am intakten, am unversehrten wie am modifizierten (Bock-Hering, Langendorff). Die Resultate waren sehr verschiedene und widersprechende. Man hat namentlich im Gottlieb'schen Laboratorium sehr wichtige Einflüsse des C. auf die Koordination der ganzen Herztätigkeit feststellen können, und man hat ihm vasokonstriktorische Effekte zugesprochen, da am Tier periphere Blutdrucksteigerungen zu beobachten waren, allerdings nach grossen Camphergaben die z. T. allgemeine Muskelkrämpfe

hervorriefen. Da andere Forscher gar keinen Effekt konstatieren konnten und sogar nach der Arbeit von Happich[1]) u. a. unter bestimmten Bedingungen Kreislaufschädigungen zu verzeichnen waren, so hat man schon an manchen Orten dem Coffein den Vorzug vor dem Campher gegeben.

Versuche am menschlichen Kreislauf mit Campher bei Anwendung unserer neuen Bestimmungen und vor allem am pathologischen Kreislauf stehen meines Wissens z. Z. noch aus. Ich glaube diese Lücke heute, wenigstens z. T. ausfüllen zu können.

Es zeigt sich in allen Versuchen nach subkutaner Zufuhr von 1—2 ccm Ol. camphorat. fortius ein Verhalten des Kreislaufs, wie wir es soeben bei Coffein beschrieben haben, nur nicht in solch eklatanter Weise und ohne stärkere Steigerung der systolischen Werte. Dabei wird der normale Kreislauf in seinen nervösen Centralapparaten, wie auch beim Coffein leicht übererregbar, der in seinem Tonus geschwächte erhält wieder seine Vasokonstriktion, wie in sehr schöner Weise aus der beigegebenen Campherkurve, die an einem Pneumoniker gewonnen wurde [Protokoll VI], hervorgeht. Die Einwirkung auf das Herz will ich hier nicht näher berühren. Nur ist anzuführen, dass ca. 60 Min. post injectionem die Campherwirkung bereits wieder deutlich zu schwinden droht, wonach man sich demnach bei der Camphertherapie zu richten hat

Durch diese kurzen Mitteilungen glaube ich Ihnen bewiesen zu haben, dass man sich bei Anwendung dieser einfachen Methode zur Prüfung der Kreislaufskoordination ein gutes Bild über die Wirkungsweise der verschiedenen Arzneimittel am gesunden und kranken Kreislauf verschaffen kann. Nur die Hauptdaten wollte ich Ihnen heute vortragen; die detaillierte umfassende wissenschaftliche Ausbeute der vorliegenden Untersuchungen wird Herr Sonnenkalb vornehmen, der sich dieser mühsamen Bearbeitung in dankenswertester Weise unterzogen hat.

---

1) Centr.-Blatt f. Gyn. 05/52.

Aufgelegte Schriften:

St. Petersburg.	Acad. des sciences. Bulletin 1907, Nr. 17/18.	1907
Upsala.	Vetenskapsakademien.	
	Arkiv för Matematik. III., 3/4.	1907
Roma.	Accad. dei Lincei.	
	Atti. XVI., Nr. 10/11, Ser. 5.	1907
Toscana.	Società Toscana.	
	Atti. XVI., Nr. 5.	1907
Davenport.	Acad. of sciences.	
	Proceedings. X. u. XII., pag. 1/94.	1907
New-Haven Con.	Yale University.	
	Publications. XIII., pag. 47/87, 89/147, 149/297.	1907
New-York.	Public library.	
	Bulletin. XI., 12.	1907
Philadelphia.	Amer. philosophical society.	
	Proceedings. 46. Bd., Nr. 186.	1907
Washington.	1) Carnegie institution.	
	Macdougal etc. Mutations etc. of oenotheras.	1907
	2) Smithsonian institution.	
	Annual report 1905/06. geb.	1907
	Miscellaneous collections. 50. Bd. (Nr. 1725)	1907
Bergen.	Sars Crustacea of Norway. V., 19/20.	1907
Boston.	The American Naturalist. 51. Bd., Nr. 491.	1907
Washington.	1) Geological Survey.	
	Professional papers. Nr. 53. in 4°.	1906
	Water-Supply paper. Nr. 195, 197/199, 201/206 208.	1907
	Bulletin. Nr. 304, 311, 313, 317, 318, 320, 323, 324	1907
	2) National Geographic Society.	
	The Ziegler Polar-expedition 1903/5. geb. 4°.	1907
Danzig.	Naturf. Gesellschaft.	
	Schriften. N. F. XII., 1 ^{6}.	1907
Nürnberg.	Naturhist. Ges.	
	Abhandlungen. XVI. Bd.	1905
	Jahresbericht 1905	1906
Riga.	Naturforscher-Verein.	
	Korrespondenzblatt. 50. Bd.	1907
Wien.	Verein z. Verbreitg. naturw. Kenntnisse.	
	Schriften. 47. Bd.	1907

Wiesbaden.	Nass. Verein f. Naturkde.	
	Jahrbücher. 60. Bd.	1907
Halle a. S.	a) Naturw. Verein.	
	Zeitschr. f. Naturw. 79. Bd. 5./6. Heft.	1907
	b) Leopoldina. 43. Heft Nr. 12 u. 44. Heft Nr. 1.	1907/8
Bonn.	Naturhist. Verein.	
	1. Sitzungsberichte 1907. 1. Hälfte. 2. Verhandlungen 1907. 1. Hälfte.	1908
Frankfurt a. M.	Senckenbergische Gesellschaft.	
	1. Bericht 1907. 2. Festschrift vom 13./X. 1907, geb. 3. Abhandlungen XXX 3⁰ in 4⁰.	1903
Wien.	K. k. geolog. Reichsanstalt.	
	Verhandlungen 1907, Nr. 11—14.	1907
Boston.	a) Am. Academy of arts and sciences.	
	Proceedings 43. Bd. Nr. 7—11.	1907
	b) Boston society of natural history.	
	Proceedings 33. Bd. Nr. 3/9 u. Titel.	1906/7.
	c) The American Naturalist. 41. Bd. Nr. 492.	Dec. 1907
Cambridge U. S.	Museum of comp. zoology.	
	1. Annual report 1906/7.	1908
	2. Bulletin 48. Bd. Nr. 4 u. 51. Bd. Nr. 8.	1908
	3. Louis Agassiz Biogr.	1897
	4. Agassiz, Harvard university history.	1902
Chapel Hill.	Mitchell scientific society.	
	Journal XXIII Nr. 3.	1907
Manchester.	Literary and phil. society.	
	Memoirs 52. Bd. I. T.	1908
New-York.	Public library.	
	Bulletin XII Bd. 1b.	1908
Ottawa.	Geolog. Survey of Canada.	
	1. Report on the Cascade coal basin Alberta mit Kartenheft. 2. Annual report on the mineral industries 1905. 3. Report of the geology natural resources etc.	1907
Philadelphia.	Academy of natural sciences.	
	Proceedings 49. Bd.	1907

San Francisco.	California Academy of sciences.	
	Proceedings 4. Ser. I. Bd. p. 1/6.	1907
Upsala.	Entomologisk Tidskrift. 28. Bd. Heft 1/4.	1907
St. Petersburg.	K. Academie des sciences.	
	Bulletin 1908 Nr. 1.	1908
Rennes.	Université.	
	Travaux scientifiques V. Bd. 1/2.	1906
Roma.	Accad. dei Lincei.	
	Atti XVI. Bd. Nr. 12 u. XVII. Bd. Nr. 1.	1907/8

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 2 Februar 1908

In der ordentlichen Sitzung vom 12. Februar 1908 sprach Herr Beneke:

Mitteilungen und Demonstrationen mit dem Universalprojektionsapparat über ein sehr junges menschliches Ei.

Die nachfolgende Mitteilung bezieht sich auf die Untersuchung eines sehr jungen menschlichen Eies, dessen Erhaltungszustand durch einen besonders günstigen Zufall weitgehenden Anforderungen entsprach. Das Objekt kam als Curettement unmittelbar nach der Ausschabung in absoluten Alkohol und wurde mir als carcinomverdächtiges Material zugesandt; die weitere, noch am Tage der Auskratzung von mir fortgesetzte Härtung in neu gewechseltem Alkohol unterstützte die rasche Fixierung. Die ausgekratzten Massen waren sehr reichlich und dick; da gar kein Verdacht auf Schwangerschaft bestanden hatte, so unterblieb die genauere Untersuchung der einzelnen Stückchen vor der Einbettung in Paraffin. Wiederum durch einen Zufall wurde das oberste Ende der Eihöhle in einem kleinen Stückchen zwischen den grossen, zu einem einzigen Paraffinblock zusammengeschmolzenen Ballen entdeckt; die weitere Verfolgung derselben in einer lückenlosen Schnittserie, deren Schnittrichtung annähernd genau senkrecht zur Längsachse des Eies gelegt war, ergab,

dass eine Verletzung durch die Curette nirgends stattgefunden hatte, so dass sämtliche Elemente des Eies in normaler Lage und Form vorgefunden wurden.

Alter des Eies.

Die Mitteilungen des behandelnden Arztes, Herrn Dr. Müller in Braunschweig, welchem ich für die freundliche Ueberlassung des ganzen Materials zu grossem Danke verpflichtet bin, beruhen auf nachträglichen Angaben der Patientin; die Zuverlässigkeit der letzteren bezügl. der einzelnen Daten in Zweifel zu ziehen, lag keine Veranlassung vor. Es handelte sich um eine Frau, welche bereits fünf Kinder geboren und seit der letzten Geburt längere Zeit an auffallend starken Menstrualblutungen gelitten hatte. Die letzte Menstruation war in den Tagen vom 5.—10. März 1903 in gleicher Weise wie die früheren abgelaufen. Auf Grund einer Konsultation im Laufe des Monat März wurde am 30. März die Auskratzung vorgenommen; seit dem 22. März hatte sicher kein Koitus mehr stattgefunden. Die Operation verlief fast ohne jeden Blutverlust und ergab auffällig reichliche dickschwammige Massen; im frischen Zustand erinnerten dieselben an maligne Wucherungen und wurden daher vom Operateur sofort behufs diagnostischer Untersuchung eingelegt. Acht Wochen nach der Operation kehrte die Menstruation zurück, der Tag war nicht mehr bestimmbar.

Die Grössenbestimmung des Objektes leidet insofern an Ungenauigkeit, als sie erst an den eingebetteten Schnitten vorgenommen werden konnte; auch fehlte ein kleiner Teil der oberen Kuppe der Eihöhle, seine Länge konnte nur nach den entsprechenden Verhältnissen an der entgegengesetzten Kuppe abgeschätzt werden. Durch die Mikrometerschraubenbewegung wurde die Dicke der einzelnen Schnitte, unter Berücksichtigung des Brechungsindex des Canadabalsams (nach der von Zeiss gegebenen Vorschrift) auf durchschnittlich 15 μ bestimmt; die Schnitte waren auf dem

Schanz'schen Mikrotom meist annähernd auf 10 μ eingestellt gewesen, doch musste, um sicher keinen zu verlieren, mehrfach die Dicke etwas erhöht werden. Ist demnach das Mittelmass von 15 μ im ganzen eher als etwas hoch zu bezeichnen, so habe ich es doch der Berechnung zu Grunde gelegt, da es sicher dem lebensfrischen uneingebetteten Objekt besser entspricht als das Mass von 10 μ.

Die Gesamtlänge des Eies betrug demnach 7,48 mm. Diese Zahl setzt sich zusammen aus 3,84 mm Länge des Innenraumes der Eihöhle und zweimal 1,82 mm als Dicke des von der Höhle nach oben und unten ausstrahlenden Trophoblast bis zu den letzten in dem Deciduagewebe noch erkennbaren charakteristischen Ektoblastzellen; die Dicke des unteren Trophoblastmantels ist auf 1,82 mm bestimmt, die des oberen hypothetisch als gleich angenommen worden. — Die Breite des Eihöhlelumen betrug im Maximum 2,2 mm, die Höhe 1,2 mm. Die Eihöhle stellte demnach eine flache ovale Blase annähernd von der Grösse einer kleinen Erbse dar, welche der Decidua vollkommen eingelagert war.

Der Embryo selbst misst 1,74 mm. Die Markamnionhöhle 0,78 mm, die Dotterhöhle 1,44 in der Länge. An der dicksten Stelle beträgt der dorsoventrale Durchmesser durch Markamnion- und Dotterhöhle zusammen 0,6 mm.

Der weiterhin zu beschreibende epitheliale Verbindungsstrang zwischen Chorionektoblast und Markamnionhöhle misst 0,13 mm.

Die Dicke des Trophoblast beträgt 0,4 bis 1,0 mm.

(Die hier angegebenen Zahlen weichen von den früher von mir mitgeteilten[1]) zum Teil ab; die Korrektur wurde auf Grund nachträglicher auch mit dem Projektionsapparat kontrollierter Messungen erforderlich.)

Die vorstehenden Angaben machen es wohl ganz unmöglich, an eine Befruchtung des zu der bevorstehenden

---

1) Monatsschr. f. Geburtshilfe u. Gynaek. XIX. 5.

Menstruationsperiode gehörenden Eies zu denken. Diese Periode — die Blutung hätte natürlich ausbleiben müssen — wäre etwa am 2. April, vier Tage nach der vorgenommenen Auskratzung, zu erwarten gewesen; die Ovulation konnte zur Zeit der Operation kaum eingesetzt haben. Das von Peters beschriebene Ei, welches den Dimensionen nach sowie nach den Abbildungen des Trophoblast jünger als das meinige war, wird von Bonnet[1]) auf zwölf Tage geschätzt. Hiernach würde das meinige vielleicht auf 12—14 Tage abzuschätzen, die Kopulation also etwa auf den 16. März zurückzuverlegen sein, ein Zeitpunkt, der mit dem Ablauf der vorhergehenden Menstruation (am 10. beendet) gut übereinstimmen würde. Die Möglichkeit, dass das Ei jünger oder älter wäre, besteht natürlich; wir sind noch nicht in der Lage, nach den bisherigen Beobachtungen über junge menschliche Eier ein abschliessendes Urteil über die Dimensionen der ersten Tage zu geben. Jedenfalls kann behauptet werden, dass das Ei nicht früher als vor etwa 18 Tagen befruchtet worden ist.[2])

1) Lehrb. der Entwicklungsgeschichte. 1907. p. 223.

2) Die obige Darstellung würde mit der alten Pflüger'schen Theorie übereinstimmen, derzufolge das befruchtete Ei der letzten Menstruation angehört. Die Bedenken, welche dieser Lehre gegenüberstehen, sind ebenso wie die Tatsachen, welche ihr das Wort reden, neuestens von Bayer (Allgem. Geburtshilfe. I. 3. p. 495) objektiv zusammengefasst worden. Wenn unsere Auffassung der gegenwärtig meistvertretenen und auch von Bayer angenommenen widerspricht, so würde meines Erachtens eine annehmbare Lösung des Problems in der Annahme liegen, dass die Menstruationsblutung den Abschluss der isochron mit der vorhergehenden Menstruation einsetzenden Ovulationsperiode darstellt. Während der Tubenwanderung des Eies bereitet sich die Uterusschleimhaut durch die Menstruation zur Nidation vor; ihre Weiterentfaltung bleibt geringfügig, falls keine Befruchtung eintritt. Erfolgt die Befruchtung, so schliesst sich die Deciduabildung unmittelbar an. Mit dieser Annahme würde gleichzeitig wahrscheinlich gemacht, dass das Ei während der ganzen intermenstruellen Periode im Uterus bezw. der Tube befruchtungsfähig vorhanden ist, eine Annahme, welche m. E. den Vorzug vor der Vermutung, dass das unbefruchtete Ei früh-

Der Embryo

ist durch Herrn Professor Zumstein, dem ich dafür zu grossem Danke verpflichtet bin, nach der Schnittserie modelliert worden; er besteht aus zwei spindelförmigen Höhlen, deren kleinere, obere der Markamnionhöhle entspricht; die grössere ist die Dotterhöhle. Die Spitze der Markamnionhöhle läuft in einem epithelialen Zellstrang aus, welcher sich unmittelbar in die Ektoblastschicht durch das mesodermale Chorion fortsetzt: durch diesen, in den Fällen Eternod's und Marchand's angedeuteten Verbindungsstrang zeigt sich unzweideutig, dass die Embryonalanlage einer Einsenkung des Ektoblast entspricht, welche im weiteren Verlauf der Entwicklung abgeschnürt wird; der Bauchstiel umhüllt in den Anfangsstadien der Entwicklung diesen epithelialen Verbindungsstrang und verdankt ihm offenbar seine Entstehung. Die Dotterhöhle reicht merkwürdigerweise mit ihrem sehr spitz ausgezogenen, von Gefässanlagen umhüllten Ende auf der entgegengesetzten Seite gleichfalls bis an das Chorionmesoderm, doch liess sich hier eine epitheliale Verbindung nicht nachweisen. Dementsprechend durchsetzt also der spitzspindelförmige Doppelsack des Embryo, von einer Mesodermschicht, welche direkt in das Chorionmesoderm übergeht, umhüllt, die ganze Keimhöhle; sein epithelialer Ansatzpunkt liegt auf der Seite der Decidua basalis.

Die Markamnionhöhle zeigt an den vorderen Teilen welche sich zum Medullarrohr ausbilden würden, typisches

---

zeitig absterbe, verdient. — In unserem Falle würde dieser Anschauung vielleicht das Wiedereinsetzen der Menstruation nach acht Wochen entsprechen: nimmt man eine schwere Schädigung der Uterusschleimhaut, vielleicht auch des Ovulationsvorganges durch den operativen Eingriff an, so ist es begreiflich, dass die nächste Menstruation vier Wochen nach der Operation noch ausblieb; dagegen konnte zu dieser Zeit sehr wohl bereits wieder eine Ovulation erfolgen und diese veranlasste wieder die Uterusschleimhautwucherung, welche nach abermals vier Wochen zu der von neuem einsetzenden Menstruation führte.

mehrschichtiges Medullarepithel, welches auch die dorsale Deckschicht im Gebiet der vorderen Kuppe bildet. Nach hinten geht die dorsale Deckschicht frühzeitig, die ventrale Platte erst im Gebiet der Primitivstreifenregion in eine zarte einschichtige Lage dünner Epithelien über. Eine Andeutung von Medullarwülsten besteht noch ebensowenig wie eine Abschnürung oder auch nur Einfaltung eines Amnionsackes. Ich habe den Eindruck gewonnen, als ob der ganze spindelförmige Sack ganz überwiegend durch die Mitosen des vorderen Abschnittes vorwächst, während die Ansammlung von Flüssigkeit im Lumen — welche wohl nur als eine Art Sekretion aufgefasst werden kann — allmählich zu der Dehnung des hinteren Abschnittes führt, deren Effekt die Abplattung der Zellen zu der dünnen Schicht ist. Der Uebergang der beiden Zellenarten erfolgt überall ganz allmählich.

Ein Blastoporus lässt sich nicht sicher erkennen. Doch zieht sich eine offenbar epitheliale Zellmasse in Form eines streckenweise kanalisierten Stranges in der Gegend, wo der Canalis neuroentericus zu erwarten sein würde, nach vorn und endet etwa an dem hinteren, spitz auslaufenden Ende der Dotterhöhle, welche von einem kräftigen, aber platten Entoderm ausgekleidet ist. Lage und Grösse scheinen mir die Deutung dieses Stranges als Canalis neuroentericus zu gestatten; die Verbindung würde den bekannten Abbildungen bei Eternod und Graf Spee (vergl. Kollmanns Atlas) entsprechen, welche etwas ältere Stadien wiedergeben.[1]) Von einer Allantoisausbuchtung des Entoderms konnte ich noch nichts Sicheres erkennen. Das Entoderm ist

---

1) Ich möchte bei dieser Gelegenheit auf die eigenartig schräge Stellung dieses Kanals aufmerksam machen. Wenn angenommen werden darf, dass einmal zu bestimmten Perioden eine Kommunikation des Inhalts der Markamnion- und der Dotterhöhle besteht, so ist es klar, dass eine solche Kommunikation in dem Masse eingedämmt werden muss, je mehr durch die Schrägstellung des Kanals an seinen Abgangsstellen ein klappenförmiger Verschlussmechanismus sich ausbildet.

überall gleichmässig entwickelt, eine besondere Wachstumszone tritt nicht hervor.

Die mesodermalen Verbindungen der beiden Höhlen sind nur vor dem als Canalis neuroentericus gedeuteten Strang etwas differenziert; über die Einzelheiten dieser Stelle wird später an der Hand von Abbildungen genauer berichtet werden. Meistens ist die Verbindung nur auf wenige Spindel- und Sternzellen beschränkt, welche am Rand der Embryonalanlage sich zu sehr zahlreichen rundlichen oder ovalen Räumen zusammenschliessen; die Form der diese Räume abgrenzenden Zellen deutet darauf hin, dass im Lumen eine gewisse Spannung der eingeschlossenen Flüssigkeit bestand. Sie gestattet die Vermutung, dass es sich um Gefässanlagen handelt; nur sehr vereinzelt finden sich freilich im Lumen kernhaltige Zellen, welche vielleicht als Blutzellen gedeutet werden könnten, so dass jedenfalls von einer unverkennbaren Blutbildung noch nicht die Rede sein kann. Auch die gefässähnlichen Spalten im Bauchstiel und den Chorionzotten sind noch völlig frei von Blutzellen. Nach dem Bauchstiel hin sammeln sich offenbar die Spalträume mehr und mehr zu stärkeren Stämmen, sie umgeben namentlich jenen epithelialen Ausläufer der Markamnionhöhle. Andererseits ziehen aber auch eine Anzahl zarter Gefässanlagen durch die körnige Magmamasse des Blastocoels hindurch an beliebige Stellen der das letztere begrenzenden Mesodermschicht. — Die gesamte Mesodermmasse kann hiernach als eine durch eine Art mächtigen Oedems central zu einem Blastocoel ausgeweitete, im Grunde aber doch überall zusammenhängende Bindegewebewucherung angesehen werden, in welcher selbständige Gefässanlagen namentlich an besonders bevorzugten Stellen (Embryonalrand) auftauchen.

Die Trophoblastanlage

zeigte in schönster Ausbildung alle die in den neueren Publikationen so oft beschriebenen und gut abgebildeten Ver-

hältnisse des Ekto- und Mesoderms. Die stärkste Entfaltung hat die der basalen Decidua entsprechende Schicht erfahren; nach der Capsularis zu bis zu der deutlich ausgebildeten Narbe (Peters' Gewebepfropf) finden sich langsamere Entwicklungsvorgänge, welche die Entstehung der Einzelheiten eher zu verfolgen gestatten. Indem ich bezüglich der Einzelheiten auf eine spätere Veröffentlichung verweise, hebe ich hier nur hervor, dass ich die Bildungen der Langhans'schen und der syncytialen Zellen als eine einheitliche embryonale Produktion der decidualen entgegen stelle. Wo die Trophoblastzellen sich den Gefässen (bisweilen auch den Drüsen) der Decidua anlegen, werden deren Endothelien deutlich zum Schwund gebracht, nicht aber in die Syncytien übergeführt. Die Beurteilung der „Umlagerungszone" ist ausserordentlich schwer; ich habe den Eindruck bekommen, als ob die Deciduazellen unter starker hydropischer Schwellung und Abblassung ihrer Kerne allmählich zu Grunde gehen, ohne direkt in das Syncytium aufgenommen zu werden. Andererseits konnte ich deutlich konstatieren, dass syncytiale Riesenzellen zellenartige Protoplasmaabschnitte mit einzelnen dunklen Kernen vorschieben, ein Vorgang, der offenbar die Einleitung zu der Entwicklung der in die Decidua vordringenden isolierten Wanderzellen darstellte.

Die syncytialen Riesenzellen legen sich als geschlossene Gebilde den mütterlichen Gefässen seitlich an. Sie entwickeln durch eine intracellulare Flüssigkeitsausscheidung grosse Spalten, welche ursprünglich kein Blut enthalten. Erst in späteren Stadien dringen mütterliche Leukocyten, zu allerletzt auch Erythrocyten durch irgend welche kleine Oeffnungen in diese Spalten ein; die ersten Eindringlinge gehen offenbar im Innern der Spalten, d. h. der Syncytialprotoplasmen, zu Grunde, wobei ihr Leib wohl als Nährmaterial verwendet wird. Hiernach sind diese Räume, die Vorläufer der mütterlichen intervillösen Bluträume, offenbar ursprünglich blutleer; so wurden sie wenigstens in meinem Fall überall gefunden, und ich

glaube daher Bilder, wie sie jüngst von Leopold[1]) dargestellt wurden, d. h. pralle Anfüllung der intervillösen Räume mit Blut, als pathologisch, als den Ausdruck einer Blutung ansehen zu müssen. Ich teile die Ansicht Frassi's[2]), derzufolge das Leopold'sche Ei als stark verändert angesehen werden muss und demnach nicht als Prototyp der normalen Entwicklungszustände bezeichnet werden darf.

Die Syncytialzellen zeigen vielfach ausgeprägteste niedrige Bürstenbesätze gegen die intervillösen Räume hin. Merkwürdigerweise konnte ich einmal sogar innerhalb des mesodermalen Choriongewebes eine isolierte Riesenzelle mit einem allseitigen Bürstenbesatz nachweisen.

Mitosen fanden sich in der Langhans'schen Zellschicht reichlich; in den Syncytien fehlten sie trotz der Massenhaftigkeit ihrer Kerne. Eine Vermehrung der letzteren durch rasche Abschnürung erschien hiernach wahrscheinlich. Für eine besonders dünnflüssige Beschaffenheit der syncytialen Kerne scheint mir die auffällig stark eckige Form derselben — offenbar ein Ausdruck der Alkoholschrumpfung — zu sprechen.

Nur ganz vereinzelt habe ich Stellen gesehen, an welchen die Langhans'schen Zellen direkt in die Syncytien überzugehen schienen. Unmittelbar unter der Langhansschicht liegen regelmässig dichtgedrängte Chorionmesodermzellen. Ihre Anpressung an die Epithellage liess bisweilen den Gedanken aufkommen, ob die mesodermalen Zellen sich etwa zwischen den Epithelien eindrängend die Oberfläche erreichen und sich hier als Syncytien ausbreiten könnten; indessen habe ich keine sicheren Anhaltspunkte für diese Vermutung finden können und halte demnach die Beziehung der Syncytien zu den Langhans'schen Zellen für die wahrscheinlichere.

---

1) Leopold, Ueber ein sehr junges menschliches Ei. Leipzig 1906.

2) Arch. f. mikr. Anat. LXX. 1907.

Die Decidua

zeigte die starken Gefässstämme, in deren Gebiet das Ei eingenistet war, in vollster Entwicklung; sie besitzen, offenbar ein Beweis für die Langsamkeit und den minimalen Seitendruck des Blutstroms in ihnen, eine sehr zarte Wand bei relativ sehr erheblicher Weite. Die Deciduazellen weisen noch nicht den ausgeprägten blasigen Rundzellentypus späterer Perioden, sondern mehr Spindelzellcharakter auf. — Blutungen fanden sich nur im Lumen einzelner stark in die Länge gezogener und durch das Ei seitlich verschobener Drüsen.

Die Schleimhaut der benachbarten Gebiete zeigte überall den ausgeprägten Typus der decidualen „Opitz'schen Drüsen".

Weiter berichtete Herr Beneke über:

Chondrodystrophia foetalis.

Im Anschluss an Untersuchungen des Herrn Med. prakt. Wiesermann.

Herr Wiesermann hat in meinem Institut einen neuen, von Herrn San.-Rat Guder-Laasphe eingesandten Fall von Chondrodystrophie untersucht und in einer demnächst erscheinenden Dissertation eingehend beschrieben. Es handelt sich um ein ausgetragenes Kind, welches etwa 10 cm zu kurz war und alle Zeichen der Chondrodystrophie aufwies: neben einem relativ grossen Kopf typische Mikromelie mit Tatzenform der Hände und Füsse, hochgradige Verkürzung und Verkrümmung der Extremitätenknochen, namentlich der langen, und vor allem eine auffällig dicke pralle fettreiche Haut; die derbe Beschaffenheit setzte sich auf den Nabelstrang fort, welcher trotz des ganz frischen Zustandes eigenartig lederhart war.

Die mikroskopische Untersuchung der Knochen erwies, dass das periostale Gewebe eine sehr derbe harte Knochensubstanz produziert hatte, deren Anordnung ganz deutlich den

Gesetzen der Knochenarchitektur in dem Sinne entsprach, dass die Stellen stärkster Krümmung in besonderem Masse durch Sklerose und Versteifungssysteme ausgebaut waren. Dagegen war die Längenentwicklung deutlich zurückgeblieben; Systeme, welche in bestimmten Richtungen hätten ausgebildet werden müssen, z. B. die verticalen Bälkchen der Wirbelkörper, fehlten bisweilen vollkommen, anscheinend deshalb, weil ein konstanter Druck in der entsprechenden Achse die Ausbildung von Anfang an gehemmt hatte. Den gleichen Druckeffekt wiesen die Knorpel auf; die Knorpelzellsäulenzone war hochgradig, aber an verschiedenen, oft dicht benachbarten Zellen in ungleichem Masse, reduziert, die entsprechenden Knochenbälkchen demgemäss stark verringert, in ihrer Lage verändert, aber wo sie einmal vorhanden waren, auffällig fest gebildet. An mehreren Stellen trat eine starke Verschiebung des Knorpels gegenüber dem Knochen, so z. B. an den Rippenknorpelgrenzen, am Femur u. s. w. hervor; man gewann überall den Eindruck, als ob alle diese Verschiebungen, Verkrümmungen, Einschachtelungen, Sklerosen und Atrophieen einem einheitlichen, allseitigen Druck entsprochen hätten, welcher während der ganzen Entwicklungszeit des Stützsystems an allen Teilen des Skelets die freie Entfaltung gehemmt und demgemäss einen völlig falsch strukturierten Skeletaufbau zur Folge gehabt hätte; die Wachstumsenergie der skeletogenen Gewebe an sich war dabei offenbar unverändert und dieselben gehorchten unverkennbar den die Knochenarchitektur physiologisch beherrschenden Einwirkungen mechanischer Kräfte ganz prompt. Dass die Schädelknochen eine Ausnahme bildeten, lag anscheinend in der Einwirkung eines chronischen mässigen Hydrocephalus internus, welcher wohl eine Erweiterung des Schädelraumes von innen her angestrebt und daher die relative Grösse desselben erzielt hatte.

Die Knorpel der nicht verknöchernden Teile (Nase, Ohr, Kehlkopf) erwiesen sich als normal. Auch hiernach konnte

offenbar nicht von einer allgemeinen primären Wachstumschwäche des Knorpelgewebes, wie sie der Bezeichnung Chondrodystrophie zu Grunde liegt, gesprochen werden; die gesamte Störung liegt offenbar in der Einwirkung eines allgemein einengenden Druckes.

Für einen solchen können die Fruchtwasserverhältnisse nicht herangezogen werden, in unserem wie in anderen Fällen waren sie normal, und Fälle von Fruchtwassermangel (Ahlfeld) zeigten bisher nie Mikromelie der Früchte. Dagegen liegt es nahe, an die Zustände der Haut und des Unterhautgewebes zu denken. Die ganz allgemein in solchen Fällen beobachtete eigenartige Hypertrophie, welche in unserem Fall das Bindegewebe der Cutis wie das Fettgewebe betraf, ist nicht als eine Ueberschussbildung in dem Sinne aufzufassen, dass die Haut entsprechend einer primären abnormen Kürze der Knochen relativ zu dick geworden wäre: Falten in dem Sinne einer übermässigen Flächenentwicklung bildet die Haut nicht, sondern vielmehr ein besonders straffes dickes faserreiches Gewebe. Hiernach erscheint es wahrscheinlich, dass die starre Masse der Hautschichten auf das heranwachsende Knochengewebe einen Einfluss nach Art eines zu engen derben elastischen Gummiüberzugs ausgeübt hatte; einer derartigen Vorstellung würden sich sämtliche Veränderungen des Knochen-Knorpelsystems ohne Schwierigkeit einfügen lassen.

Die Ursache einer Hautanomalie in dem genannten Sinne ist freilich nicht leicht erweislich; die Erkrankung hatte anscheinend auch auf den Nabelstrang übergegriffen. In dieser Beziehung darf auf die Veränderungen der Haut und des gesamten Körperbindegewebes bei Akromegalie hingewiesen werden. Einwirkungen correlativer Art sind es offenbar, welche die merkwürdige Hypertrophie des Bindegewebes in solchen Fällen — ich konnte z. B. in Königsberg einen typischen Fall beobachten[1]) — veranlassen. In unserm Fall

1) Schulz, Ein neuer Fall von Akromegalie mit Sektionsbefund. I. D. Königsberg 1905.

von Chondrodystrophie fand sich keine Hypophysiserkrankung, sondern nur eine allerdings sehr auffällige Entwicklung accessorischer Thymusläppchen neben der Thyreoidea; ein Anhaltspunkt für den Ausgang der vermuteten Correlation fehlt also in der Kindesleiche. Indessen erscheint es ja nicht ausgeschlossen, dass etwa von der Mutter her bestimmte chemische Einflüsse die Wachstumsverhältnisse des fötalen Bindegewebes, und speziell der Hautanlagen, in spezifischer Weise gesteigert hätten. Weitere Untersuchungen müssen über diese Frage, ob die Ursache der Chondrodystrophie bezw. nach unserer Vorstellung der Hypertrophie des Hautbindegewebeapparates im Körper der Mutter oder des Kindes zu suchen sind, Aufklärung geben.

Herr F. Schenck:

Nachtrag zu dem Vortrage über anomale Trichromasie
(vgl. Bericht über die Sitzungen vom 11. 12. 07 und 8. 1. 08).

Als in der Sitzung vom 11. 12. 07 die anomale Einstellung eines Grünanomalen für die Gleichung eines Rot-Grün-Gemisches und eines homogenen Gelb demonstriert wurde, fand sich unter den Anwesenden noch ein zweiter Grünanomaler. Inzwischen habe ich diesen Fall eingehender untersucht, es ergab sich:

Grünanomalie ist vorhanden, aber in schwächerem Masse, als im ersten Falle.

Die spektrale Helligkeitsverteilung erwies sich in dem zweiten Falle nicht merklich verschieden von der Norm; die aus theoretischen Gründen zu erwartenden Unterschiede der

Helligkeitsverteilung des Normalen und des Grünanomalen fallen also hier innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler.

Theoretisch ist die neue Beobachtung von Bedeutung aus folgendem Grunde:

Auf Grund früherer Beobachtungen hatte ich es als zweifelhaft hingestellt, ob es Uebergänge zwischen normaler Trichromasie und extremer Grünanomalie gibt. In dem neuen Falle habe ich nun einen solchen Uebergangsfall gefunden, und ich muss auf Grund dessen meine frühere Angabe richtig stellen und ergänzen.

Im Sinne der speziellen Theorie der Farbenempfindung, die ich damals entwickelt habe, ist der neue Befund leicht zu verstehen. Ich hatte ausgeführt, dass der für den Anteil der Grünsehsubstanz an der Helligkeitsverteilung massgebende optische Resonator, der auf mittelwelliges Licht resoniert, gemischt ist aus verschiedenen Teilen, von denen die einen für etwas längerwelliges, die anderen für etwas kürzerwelliges Licht resonieren. Bei normaler Trichromasie mögen die Teile in etwa gleicher Menge miteinander vermischt vorhanden sein, bei extremer Grünanomalie mögen nur die für etwas längerwelliges Licht resonierenden vorhanden sein. Es ist leicht verständlich, dass je nach dem Mengenverhältnis, in dem die Teile vorkommen Zwischenstufen zwischen normaler Trichromasie und extremer Grünanomalie vorkommen können.

In der ordentlichen Sitzung vom 11. Dezember 1907 sprach Herr Fr. Kutscher über:

Die Ausmittelung organischer Basen.

Die physiologische Wirkung pharmakodynamischer Extrakte, mögen dieselben dem Tier- oder Pflanzenreiche entstammen, ist häufig an organische Basen geknüpft. Die vielfachen Bemühungen den basischen Anteil derartiger Extrakte aufzuteilen sind deshalb ohne weiteres verständlich. Allerdings sind diese Versuche nicht immer von Erfolg gekrönt gewesen und namentlich die tierischen Extrakte haben sich bisher recht spröde erwiesen. Man ist jedoch auch hier in letzter Zeit mit Hilfe neuer Methoden weiter gekommen, aber von dem Endziel, das in einer genauen Kenntnis aller Bestandteile der tierischen Organextrakte besteht, doch noch recht weit entfernt.

Dagegen scheint man bei einigen wichtigen pharmakodynamischen Pflanzenextrakten die organischen Basen fast restlos von einander trennen zu können, wenn man auf sie die Methoden anwendet, welche sich auch zur Aufteilung der tierischen Extrakte brauchbar erwiesen haben.

Das von mir an verschiedenen Pflanzenextrakten geprobte Verfahren, das zu so günstigen Resultaten führte, beruhte zunächst auf der Fähigkeit des Tannins, die meisten bisher bekannten wirksamen Pflanzenbasen in Form sehr schwer löslicher Verbindungen aus den Extrakten niederzuschlagen. Fällt man also die in Wasser gelösten Extrakte mit Tannin aus, so wird man zwei Fraktionen erhalten. Die eine wird von dem Tanninniederschlag gebildet. Der Tanninniederschlag wird aufnehmen:

1) die stark wirksamen bekannten Pflanzenbasen,
2) bisher unbekannte Pflanzenbasen,

3) Eiweisskörper, Farbstoffe und eine Reihe nicht näher definierbarer Substanzen.

Zweitens hat man den durch Tannin nicht fällbaren Rest Derselbe muss neben anderen hier weniger interessierenden Stoffen diejenigen Basen enthalten, die man bisher in den pharmakodynamischen Pflanzenextrakten vernachlässigt hat und zwar in leicht zugänglicher Form, da sie hier nicht durch die schon bekannten Basen verdeckt sein können.

Es sind nunmehr die organischen Basen aus beiden Fraktionen zu isolieren. Das gelingt nicht schwierig bei der zweiten Fraktion. Man scheidet daraus durch Phosphorwolframsäure die Summe der durch Tannin nicht ausgefällten Basen ab. Aus den Phosphorwolframaten setzt man die Basen in Freiheit und trennt sie dann durch fraktionierte Fällung mit verschiedenen Alkaloidreagentien von einander.

Schwieriger ist die Gewinnung der in den Tanninniederschlag eingegangenen Basen. Man muss, um sich dieselben zugänglich zu machen, zunächst den Tanninniederschlag aufschliessen. Das geschieht am besten durch Barythydrat, durch das allerdings die Tannate der Basen zersetzt, aber glücklicherweise garnicht oder doch nur zum kleinen Teil die Tannate der Eiweisskörper und anderer störender Substanzen angegriffen werden. Nachdem man aus den Tannaten die Basen durch Baryt in Freiheit gesetzt hat, scheidet man sie durch Phosphorwolframsäure noch von einer Reihe nicht basischer Substanzen, die ebenfalls in die Tanninfällung gehen. Macht man sie dann aus den Phosphorwolframaten durch Baryt wieder frei, so werden sie der fraktionierten Fällung durch verschiedene Alkaloidreagentien zugänglich und dadurch von einander trennbar. Den näheren Gang, der bei der Verarbeitung der beiden Fraktionen, also der Tanninfällung und des durch Tannin nicht fällbaren Restes der pharmakodynamischen Pflanzenextrakte einzuhalten ist, mögen die folgenden Beispiele erläutern.

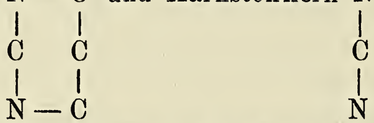
A. Untersuchung der aus wässrigem Colaextrakt gewonnenen Tanninfällung auf organische Basen.

Der stark eingeengte wässrige Colaextrakt wurde mit 20 % Tanninlösung vollständig ausgefällt. Die reichliche Fällung wurde nach dem Abgiessen der überstehenden Flüssigkeit mehrfach mit Wasser abgespült und danach mit feingepulvertem Baryumhydroxyd und Wasser verrieben. Die ganze Masse wurde 24 Stunden im bedeckten Gefässe unter häufigem Umrühren gehalten. Nach dieser Zeit wurde vom Ungelösten abgesaugt, der Rückstand wie eben beschrieben mit Baryumhydroxyd behandelt. Der gleichen Prozedur wurde der Rückstand noch zweimal unterworfen. Dementsprechend werden 4 Filtrate gewonnen, die den wieder in Lösung gegangenen Anteil der Tanninfällung enthalten mussten. Sie wurden mit Schwefelsäure zur Entfernung des Baryts angesäuert, vereinigt und mit überschüssigem Bleioxyd versetzt. Das Bleioxyd beseitigte die Schwefelsäure. Aber auch Reste von Tannin, Eiweiss und andere Bestandteile, die später die Kristallisation der Basen verhindern können, gehen mit dem Blei wenig lösliche Verbindungen ein. Sie lassen sich deshalb an dieser Stelle gut beseitigen. Vom Bleioxyd etc. wurde abgesaugt, das Filtrat stark eingeengt. Es kristallisierte die Hauptmasse des Caffeins aus, das abgesaugt wurde. Danach wurde das Filtrat mit Schwefelsäure angesäuert und mit Phosphorwolframsäure ausgefällt, um die Basen von anderen nicht basischen Bestandteilen der Tanninfällung zu sondern.

Die Phosphorwolframfällung wurde abgesaugt mit Barytwasser zerlegt und die Basen dadurch in Freiheit gesetzt. Aus dem Filtrat der Baryumphosphorwolframate wurde das überschüssige Baryum durch Kohlensäure beseitigt, die Lösung der kohlensauren Basen stark eingeengt, dann mit Salpetersäure schwach angesäuert. Hierauf wurde 20 % Silbernitratlösung zugegeben, die geringe Mengen von Nukleinbasen und etwas Farbstoff niederschlug. Man kann den Nieder-

schlag nach dem bekannten Verfahren von Krüger und Salomon verarbeiten.

Das Filtrat von diesem Niederschlag wurde abwechselnd mit Silbernitratlösung und Barytwasser versetzt, solange sich durch diese Reagentien ein gelblicher, flockiger Niederschlag erzeugen liess. Sobald sich der entstehende Niederschlag durch beigemischtes Silberoxyd braun färbte, wurde die Fällung abgebrochen. Man kann auf diese Weise eine grosse Anzahl Basen mit Silberoxyd verbinden. Namentlich sind dieser Fällung organische Basen zugänglich, die den Pyrimidinkern N — C und Harnstoffkern N besitzen. Aus dem Cola-



extrakt liess sich so das *Theobromin* in Form einer unlöslichen Silberverbindung niederschlagen. Andere Basen hatte dieser zweite Siberniederschlag nicht aufgenommen. Man konnte daraus das Theobromin durch Schwefelwasserstoff leicht in Freiheit setzen.

Das Filtrat dieses zweiten Silberniederschlages wurde durch Salzsäure vom Silber, durch Schwefelsäure vom Baryt befreit und die bisher nicht beseitigten Basen wieder an Phosphorwolframsäure gebunden. Aus den Phosphorwolframaten wurden mit Hilfe von Baryt die freien Basen dargestellt, die in die kohlensauren übergeführt und eingeengt wurden. Sie wurden nun mit alkoholischer Pikrinsäure möglichst ausgefällt und durch Eintragen fester Pikrinsäure Sorge getragen, dass sich die Flüssigkeit mit diesem Fällungsmittel sättigt. Die Fällung wurde abgesaugt, mit gesättigter alkoholischer Pikrinsäure gewaschen. Sie bestand, wie die nähere Untersuchung zeigte, nur aus *Betain* und etwas *Kali*. Aus dem Pikrat liess sich leicht nach bekannter Methode freies Betain und Betainchlorid gewinnen und vom Kali trennen.

Zur weiteren Verarbeitung wurde das Filtrat von der Pikrinsäurefällung durch Verdunsten vom Alkohol befreit, mit Wasser aufgenommen, mit Salzsäure angesäuert und mit Aether von der Pikrinsäure befreit. Die salzsauren Basen wurden zum Sirup eingeengt. Aus demselben kristallisierten die Reste des Betains als Betainchlorid aus, die allein zurückblieben, als die Chloride mit Alkohol aufgenommen wurden. Die in Alkohol löslichen Chloride wurden mit alkoholischer Sublimatlösung versetzt. Die reichliche Fällung, die dieses Reagenz erzeugte, hatte fast den ganzen Rest der noch vorhandenen Basen aufgenommen. Um dieselben voneinander zu trennen, wurde die Quecksilberfällung abgesaugt (sie möge zum Unterschied einer später erzeugten Quecksilberfällung als Quecksilberfällung I bezeichnet werden), in heisser verdünnter Salzsäure gelöst und mit Schwefelwasserstoff zersetzt. Die so gewonnenen Chloride liessen sich mit Hilfe von Platinchlorid und Goldchlorid in eine Anzahl Basen auflösen. Es wurde gefunden eine Base mit der Formel $C_8H_{13}N_5$, ausgezeichnet durch ein sehr schwer lösliches Goldsalz, ferner Cholin, Methylamin, und eine Base, die sich weder mit Gold- noch mit Platinchlorid zu einem schwerlöslichen Salze verband und daher nach Beseitigung der eben aufgeführten Basen verbleibt. Sie liefert ein gut kristallisierendes Chlorid.

Das Filtrat von Quecksilberfällung I wurde mit alkoholischer Natriumacetatlösung und alkoholischer Sublimatlösung versetzt, solange sich ein Niederschlag bildete. Er war nur gering und möge als Quecksilberfällung II bezeichnet werden. Quecksilberfällung II wurde abgesaugt, in verdünnter Salzsäure gelöst und mit Schwefelwasserstoff zersetzt. Sie hatte, wie die weitere Untersuchung zeigte, die Reste des Methylamins aufgenommen.

Um festzustellen, ob bei dem geschilderten Untersuchungsgange sich grössere Mengen organischer Basen der Untersuchung entzogen hatten, wurde aus dem Filtrat von

Quecksilberfällung II der Alkohol verjagt, der Rückstand durch Schwefelwasserstoff vom Quecksilber befreit und die Chloride der Basen durch Aufnehmen mit Alkohol von den anorganischen Salzen getrennt. Nach dem Verdunsten des Alkohols hinterblieb in der Hauptsache Caffein, das den Fällungsmitteln entgangen war. Ihm waren nur in so geringer Menge fremde Basen beigemengt, dass sich eine weitere Untersuchung nicht verlohnte.

B. Als Beispiel für die Untersuchung des durch Tannin nicht fällbaren Basenrestes möge der dem Colaextrakt in mancher Beziehung verwandte Kaffeeextrakt dienen. Hier gestaltete sich das Verfahren zur Isolierung der einzelnen Basen folgendermassen:

Der wässerige, stark eingeengte Kaffeeextrakt wurde mit 20 % Tanninlösung vollkommen ausgefällt. Von dem sehr reichlichen Tanninniederschlage wurde nach einigen Tagen abfiltriert. Das Filtrat wurde durch Barythydrat vom überschüssigen Tannin befreit, das ausgefallene Baryumtannat durch Filtration entfernt und das neue Filtrat mit Schwefelsäure angesäuert und mit Bleioxyd im Ueberschuss versetzt. Das Bleioxyd beseitigt mit der Schwefelsäure gleichzeitig die Reste des Tannins, sowie eine Reihe schmieriger Substanzen. Das überschüssige Bleioxyd etc. filtriert man ab, engt das Filtrat stark ein, säuert die eingeengte Flüssigkeit mit Schwefelsäure an, entfernt das ausfallende schwefelsaure Blei und fällt die dem Tannin entgangenen Basen nunmehr mit Phosphorwolframsäure aus, denn die Phosphorwolframsäure ist unseren derzeitigen Kenntnissen nach das umfassendste Fällungsmittel für organische Basen, das alle organischen Basen niederzuschlagen vermag. Die Fällung wird abgesaugt und daraus mittels Barytwasser die freien Basen dargestellt, die weiter in die kohlensauren übergeführt werden. Zu ihrer Trennung benutzt man ein Verfahren, das dem früher ge-

schilderten ganz ähnlich ist. Man säuert die Lösung der kohlensauren Basen znnächst mit Salpetersäure an und fällt mit 20 % Silbernitratlösung. Die mässige Fällung besteht aus Nukleinbasen und etwas Farbstoff.

Das Filtrat dieses Silberniederschlages wird ebenfalls abwechselnd mit Silbernitratlösung und Barytwasser versetzt. Es fiel hier aber sofort braunes Silberoxyd, das nur Spuren organischer Substanz enthielt.

Das Filtrat dieses zweiten Silberniederschlages wurde durch Salzsäure vom Silber, durch Schwefelsäure vom Baryt befreit und die bisher nicht abgeschiedenen Basen nochmals an Phosphorwolframsäure gebunden. Aus den Phosphorwolframaten wurden wieder die kohlensauren Basen erzeugt, deren zum Sirup eingeengte Lösung mit alkoholischer Pikrinsäurelösung ausgefällt wurde. Die Fällung bestand aber in unserem gewählten Beispiel nur aus Kali.

Aus dem Filtrat der Pikrinsäurefällung wurde der Alkohol verjagt. Der Rückstand wird mit verdünnter Salzsäure aufgenommen und durch Aether von Pikrinsäure befreit. Die so erhaltenen Chloride werden bei mässiger Temperatur eingeengt. Sie schieden sofort eine reichliche Kristallisation ab, die Trigonellinchlorid war. Durch Aufnahme mit absolutem Alkohol liess sich das Trigonellinchlorid, das in Alkohol unlöslich ist, ganz beseitigen. Die in Alkohol löslichen Chloride werden mit alkoholischer Sublimatlösung gefällt. Die Fällung wird abgesaugt und daraus mit Hilfe von Schwefelwasserstoff die Chloride dargestellt, die sich durch Platin- und Goldchlorid vollkommen trennen lassen. Sie bestehen aus Pyridinmethylchlorid und Cholinchlorid.

Das Filtrat der vorstehenden Sublimatfällung wird mit Natriumacetat in alkoholischer Lösung und alkoholischer Sublimatlösung gefällt. Die Fällung enthält etwas Trigonellinchlorid und Pyridinmethylchlorid.

Nachdem sich durch Sublimat keine Basen mehr abscheiden liessen, wurde das Filtrat der letzten Quecksilber-

fällung von Alkohol befreit, das Quecksilber daraus durch Schwefelwasserstoff beseitigt und die Chloride der restierenden Basen durch Alkohol aufgenommen. Man konnte nun noch durch heisse, gesättigte, alkoholische Cadmiumchloridlösung einen Teil der verbliebenen Basen niederschlagen. Der Niederschlag wurde abgesaugt, aus ihm wieder das Chlorid erzeugt und dieses direkt in das Goldsalz umgewandelt. Es kristallisierte als solches in zarten, dünnen Blättchen.

Das Filtrat der Cadmiumfällung wurde schliesslich noch auf das Vorhandensein organischer Basen näher untersucht. Nach Entfernung des Cadmiums blieb jedoch nur ein ganz kleiner organischer Rest, so dass auch hier die Aufteilung der organischen Basen annähernd vollkommen gelungen war.

Mit Vorteil habe ich bei meinen Untersuchungen die schönen Arbeiten von E. Schulze über die stickstoffhaltigen Extraktstoffe der Nutzpflanzen, sowie die Inauguraldissertation von O. Görte benutzen können.

In der anschliessenden Wahlsitzung wurden zu ordentlichen Mitgliedern der Gesellschaft gewählt:

a) Herr Dr. Kutscher, a. o. Professor der Physiologie, bisher a. o. Mitglied;
b) Herr Dr. Friedrich, Geheimer Medizinalrat, o. Professor der Chirurgie.

Sitzungsberichte
der
Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften
zu
MARBURG

№ 3 März 1908

In der ordentlichen Sitzung vom 10. März sprach Herr Karl Schaum über:

Schichtverziehungen an photographischen Platten.

Die für alle photogrammetrischen Messungen (bes. in der Astronomie und Spektroskopie) hochwichtige Frage: „Giebt es infolge des Negativprozesses etc. dauernde Schichtverziehungen kontinuierlicher oder lokaler Natur an photographischen Platten?“ ist, wie folgende Tabelle zeigt, noch nicht eindeutig beantwortet worden.

A. Kollodiumplatten.

Autor	Kontinuierliche Verziehung Faktor	Lokale Verziehung	Bemerkungen
H. Ch. F. Paschen	$-\frac{1}{2000}$ (I) bis $-\frac{1}{500}$ (II)	—	I nicht albuminiert II albuminiert
L. M. Rutherfurd	$-\frac{1}{10\,000}$ (max.)	—	albuminiert
H. C. Vogel und O. Lohse	$-\frac{1}{11000}$ bis $-\frac{1}{3000}$	—	Nasse u. Kollodemulsionstrockenplatten

Autor	Kontinuierliche Verziehung Faktor	Lokale Verziehung	Bemerkungen
H. W. Vogel	$-\frac{1}{4500}$	—	Nasse u. Kollodemulsionstrockenplatten
L. Weinek	keine; $-\frac{1}{5000}$ I II	—	I Nasse Pl. II Koll.-Em.-Tr.-Pl.
C. Pritchard	vorhanden; Grösse nicht angegeben		—
W. Abney	$-\frac{1}{350}$ bis $-\frac{1}{500}$	—	—
	B. Gelatineplatten.		
J. M. Eder	$<-\frac{1}{6000}$	—	—
Wortley	starke	—	nur bei gumm. Platten
J. Scheiner	$\pm$*) $\frac{1}{3000}$ (max.)	bis zu mehreren mm	*) Kontraktion in der einen, Dilatation in der and. Richtung
B. Hasselberg	geringe	—	—
C. Mönnichmeyer	vorhanden; Grösse nicht angegeben		Fehler durch Verziehungen sind nicht zu vernachlässigen
H. Ludendorff	$\pm\frac{1}{10000}$	auf 5 mm 0,060 mm	—
K. O. Bergstrand	$\pm\frac{1}{17000}$	auf 50 mm 0,005 mm in den Randpartien	—
P. T. Bohlin	—	sehr klein	abh. v. Entwickl.-Verf.
K. G. Ollsen	keine	n. b. Beschädig.	—
M. Loewy	fallen unter die Fehlergrenze		—
S. Albrecht	sehr geringe	auf einige mm 0,02 mm	—

In Gemeinschaft mit Herrn Ph. Flörke habe ich versucht, die vorhandenen Widersprüche aufzuklären und Methoden zur Vermeidung von Schichtverziehungen ausfindig zu machen. Unsere Ergebnisse sind folgende:

1) Gemessen wurden mittels einer Wolzschen Teilmaschine die Abstände dreier, auf einer Graden liegender, mittels Silbergitter einkopierter Standardpunkte *A*, *B* und *C*. Unter 81 Versuchsplatten zeigten sich bei 64, wenn wir *A* als feststehend annehmen, sowohl *B* als auch *C* in gleichem Sinne gegen *A* verschoben; bei 6 weiteren fielen die Verziehungen unter den Einstellungsfehler; bei 11 waren *B* und *C* in entgegengesetztem Sinn dislociert. Bei 76 ist die Verziehung von *AB* kleiner als die von *AC*; bei 53 liegt *B* genau in der Mitte von *AC*.

Wir glauben aus diesen Ergebnissen schliessen zu dürfen, dass Neigung zu kontinuierlichen Verziehungen vorliegt, diese jedoch nicht selten durch lokale Verzerrungen überkompensiert werden.

2) Gemessen wurden die Abstände von Standardpunkten in der Längs- und in der Querrichtung an 9×12 Agfa-Platten. Es zeigte sich, dass regelmässig (unabhängig von der Stellung der Platte beim Trocknen etc.) in der einen Richtung Kontraktion, in der anderen Dilatation stattfindet, was auch von anderen Autoren schon beobachtet wurde. Die Ursache dieser Erscheinung (zylindrische Form der Platte? Art des Giessens?) ist noch nicht aufgeklärt.

3) Der Betrag der Verziehungen steigt an 9×12 Platten bis zum Faktor $\pm \frac{1}{4500}$; bei 18×24 Platten, die in vertikaler Stellung getrocknet waren, beobachteten wir allerdings Dilatationen bis zu $\frac{1}{600}$.

4) Die Art und Grösse der Verziehung ist abhängig:
   a. von der Art des Entwickelns, Fixierens und Waschens;

b. von der Natur der Lichtquelle und der umgebenden Atmosphäre, falls bis zu sichtbarer Schwärzung exponiert wurde.

5) Die Verziehungen lassen sich durch vor der Exposition vorgenommenes Trocknen bei 80° (8 Stunden), und darauf folgendes Baden in einer Wasserglaslösung oder Gerben mittels Chromalaun auf ein Minimum herabdrücken; dabei leidet aber sehr die Empfindlichkeit und es erfolgt starke Schleierbildung beim Entwickeln.

Derselbe über:

Physikalische und chemische Isomerie.

Vor längerer Zeit suchte ich ein scharfes Kriterium für die Unterscheidung zwischen physikalischer und chemischer Isomerie zu finden und glaubte ein solches in der Verwandelbarkeit der krystallisierten Formen (ohne Mitwirkung des Schmelzflusses, des Dampfes oder einer Lösung) gefunden zu haben, die nur bei rein physikalischer Isomerie (Polymorphie) möglich sein solle.[1]) Nach Versuchen, die Herr Dr. E. Ellenberger ausgeführt hat, kann ich diese Ansicht nicht mehr aufrecht erhalten. — Fassen wir den Begriff „isomer" im weitesten Sinn, so erkennen wir, dass die verlangte Trennung wohl überhaupt kaum durchzuführen ist, wie sich ja auch eine scharfe Grenze zwischen physikalischen und chemischen Vorgängen nicht ziehen lässt. Die möglichen Arten der Isomerie (wenn wir von Dämpfen, normalen und kolloiden Lösungszuständen absehen) könnten wir etwa folgendermassen schematisieren:

---

1) K. Schaum, Die Arten der Isomerie. Habilitationsschrift 1897.

I. Hylotrophe Isomerie.

A. Reversible I.

a. *Homomorphe I.:*

α) Heisser Körper ⇄ kalter K.; elektrisierter K. ⇄ nicht elektrisierter K.; phosphoreszierender K. ⇄ nicht phosphoreszierender K. etc.

β) Phototrope Form *A* ⇄ phototrope Form *B*.

b. *Heteromorphe I.:*

α) Krystallisierte Form ⇄ amorphe F.

β) Krystallisierte F. *A* ⇄ krystallisierte F. *B*.

1) Schmelzen, Lösungen, Dämpfe identisch (Polymorphismus).

2) Schmelzen, Lösungen, Dämpfe (zunächst) verschieden (Tautomerie; Racemie).

B. Nicht reversible I.:

A → metameres oder polymeres *B*.

II. Nicht hylotrope Isomerie.

A — stellungsisomeres oder strukturisomeres *B*.

Die Rubriken I A b *β* 2, I B und II enthalten die zweifellos chemischen Isomeriefälle. Ferner wird man geneigt sein, die unter I A a, I A b *α* und I A *β* 1 angeführten Isomerien im allgemeinen als physikalische anzusehen. Das ist jedoch nicht ohne weiteres zulässig. Bei der Phosphoreszenz kann man schon Bedenken tragen, noch mehr muss man es bei der von W. Marckwald entdeckten und besonders von H. Stobbe[1]) aufgeklärten Phototropie, die sich durch folgendes Schema ausdrücken lässt:

$$A \;\underset{\text{in langwelligem Licht und im Dunkeln.}}{\overset{\text{in kurzwelligem Licht}}{\rightleftarrows}}\; B \quad \text{(unter Farbänderung)}$$

1) Z. f. angew. Chemie 1908, S. 388. Daselbst weitere Literatur.

Becquerelstrahlen wirken, wie ich fand, ebenso wie kurzwelliges Licht. — Man kann sich wohl nur schwer vorstellen, dass durch eine rein physikalische Lichtwirkung eine so ausgesprochene und langsam zurückgehende Aenderung der Absorptionsverhältnisse hervorgerufen werden soll. Ich hatte deshalb schon früher im Gegensatz zu Marckwald eine chemische Aenderung als Ursache des Phänomens angenommen, wofür auch der an phototrop gefärbten Krystallen zu beobachtende Pleochroismus spricht, der ja nach Sénarmont, O. Lehmann u. a. durch künstliche Krystallfärbung erhalten werden kann. Da H. Stobbe gezeigt hat, dass sich der reversiblen phototropen Aenderung eine irreversible Reaktion superponiert, scheint es mir nicht ausgeschlossen, dass die erstere eine für den nichtumkehrbaren Vorgang nötige Modifizierung der Molekel (Aufspaltung von Doppelbindungen[1]) etc.) darstellt. Derartige, mit den gewöhnlichen chemischen Methoden und Hilfsmitteln nicht feststellbare „kryptochemische“ Aenderungen sind sicherlich weit häufiger, als man gewöhnlich annimmt; ich glaube, dass bei dem eigenartigen Benzophenonphänomen auch hierhergehörige chemische Modifizierungen mitspielen; wir hoffen, durch die Messung für konstitutive Einflüsse sehr empfindlicher Konstanten (magnetische Drehung u. a.) die scheinbar identischen Schmelzflüsse der beiden Benzophenonmodifikationen differenzieren zu können.

Vor einiger Zeit haben K. Beck und K. Ebbinghaus[2]) eine Methode zur Beobachtung von Umwandlungspunkten beschrieben, welche sich darauf stützt, dass der in einem Reagenzglas erstarrte Schmelzfluss der zu prüfenden Substanz oberhalb einer bestimmten Temperatur (der Umwandlungstemperatur) in optischem Kontakt mit der Gefässwand ist, bei tieferer Temperatur sich jedoch (oft unter Knistern u. a.) loslöst (was im Wasserbad an der auftretenden Totalreflexion

---

1) Deren oszillatorische Wiederherstellung bezw. Umlagerung könnte die selektive Absorption bedingen.

2) Ber. Chem. Ges. 1906, S. 3870.

erkannt wird). Bei der auf meine Veranlassung von Herrn C. Schaeling angestellten Wiederholung der Versuche zeigte sich, dass dieser „Kontaktpunkt“ von der Natur des Gefässes (Glas, Quarz), von der Geschwindigkeit der Temperaturänderung u. a. abhängt; er tritt nicht nur bei krystallisierten Stoffen auf, sondern auch bei amorphen (Schellack). U. E. ist er vornehmlich durch die Verschiedenheit der Ausdehnungskoeffizienten von Substanz und Gefässmaterial bedingt, also nicht an das Vorhandensein eines Umwandlungspunktes gebunden. Beck und Ebbinghaus finden beim Benzophenon einen Umwandlungspunkt bei 28,5^{0}, also nahe beim Schmelzpunkt der instabilen Form. Wie man bei einem monotropen Körper einen Umwandlungspunkt feststellen soll, ist mir nicht ersichtlich.

Derselbe über:

Das Ausbleiben organischer Farbstoffe im Licht.

Der photochemische Ausbleichprozess ist von manchen Forschern als Reduktionsvorgang, von andern als Oxydationsprozess aufgefasst worden. O. Gros[1]) hat bewiesen, dass beim Bleichen der Triphenylmethanfarbstoffe Sauerstoff verbraucht wird, was für Chlorophyll bereits von Berthollet gezeigt worden war; bei Sauerstoffausschluss findet kein Ausbleichen statt; demnach ist die photochemische Zerstörung dieser Körper jedenfalls auf Oxydation zurückzuführen. Im Widerspruch mit dieser Auffassung steht jedoch eine Angabe E. Vogels[2]), nach der Farbstoffe bei Gegenwart von H_2O_2 nicht, wohl aber bei Anwesenheit von Reduktionsmitteln

1) Z. phys. Chem. **37**, 157. 1901.
2) W. A. **43**, 449. 1891.

im Licht gebleicht werden. Die Reduktion von Farbstoffen kann ohne Zweifel photochemisch beeinflussbar sein; der Bleichprozess führt aber, wie die Versuche beweisen, durchaus nicht zur Bildung der Leukobase, was schon deshalb ausgeschlossen erscheint, weil nach den Versuchen von O. Gros die Leukobasen sich sehr rasch im Licht autoxydieren. Dass beim Bleichprozess ein von den Leukobasen verschiedenes Reduktionsprodukt entstände, und dass der Sauerstoffverbrauch durch eine notwendige Folgereaktion bedingt sei, hat kaum Wahrscheinlichkeit. Ich habe deshalb in Gemeinschaft mit Herrn C. Gebhard[1]) die angebliche photochemische Unwirksamkeit des H_2O_2 nachgeprüft und gefunden, dass jene Vogelsche Behauptung auf einem Irrtum beruht; H_2O_2 begünstigt in hohem Grade das Bleichen aller Farbstoffe, doch tritt häufig (bei gewissen Konzentrationsverhältnissen) zunächst ein Dunklerwerden der Lösungen ein; über dieses Stadium ist Vogel bei seinen Versuchen nicht hinausgekommen.

Wenn wir somit berechtigt sind, den Ausbleichprozess als einen Autoxydationsvorgang anzusehen, ziehen wir zur näheren Erörterung des Reaktionsmechanismus am besten die schöne Interpretation derartiger Vorgänge heran, welche O. Mumm[2]) durch folgende Gleichungen begründet hat:

$$
\begin{gathered}
O_2 \rightleftarrows O^{\cdot} - O' \\
O^{\cdot} - O' + H^{\cdot} + OH' \rightleftarrows HO - O - OH \rightleftarrows OH^{\cdot} + OOH' \\
H^{\cdot} + OOH' \rightleftarrows H_2O_2 \rightleftarrows OH^{\cdot} + OH'.
\end{gathered} \tag{2}
$$

Man darf also bei der nassen Autoxydation die Vorgänge erwarten, die sich bei der Einwirkung von Wasserstoffperoxyd auf das betreffende System abspielen. Wir fanden auch, dass Peroxydkatalysatoren in rein wässeriger Lösung das Bleichen beschleunigen. Die Farbstoffe enthalten meist doppelte Bin-

1) Näheres siehe in dessen Dissertation.

2) Z. phys. Chem. **59**, 459. 1907.

dungen; man könnte daher den Bleichprozess vielleicht durch folgendes Schema deuten:

$$R_1 = R_2 \rightleftarrows R_1^{\cdot\prime} + R_2^{\cdot\prime}$$

$$R_1^{\cdot\prime} + R_2^{\cdot\prime} + 2\dot{OH} + 2\acute{OH} \rightarrow R_1\begin{matrix}/OH \\ \backslash OH\end{matrix} + R_2\begin{matrix}/OH \\ \backslash OH\end{matrix} \quad \text{etc.} \tag{2}$$

Man kann dies auch, um den Charakter einer Oxydation näher zum Ausdruck zu bringen, so schreiben, dass man von der Beziehung

$$OH^{\cdot} \rightarrow OH' + 2(+)$$

Gebrauch macht.

Es könnten natürlich auch die Jonen $OOH' + H^{\cdot}$ etc. addiert werden, und wegen der unter (1) ausgedrückten Gleichgewichte lässt sich, wie Mumm gezeigt hat, das Akzeptorphänomen leicht erklären. Dieses spielt bei dem Bleichvorgang sicher eine grosse Rolle, und wir haben versucht festzustellen, ob gewisse Komplexe innerhalb der Farbstoffmolekel Akzeptorwirkungen ausüben, indem wir Farbstoffe, die diesen Komplex nicht enthalten, in Lösungen untersuchten, denen Fremdkörper mit jener Atomgruppierung zugesetzt waren. Wenn wir auch Andeutungen für derartige Beziehungen gefunden haben, so bedarf es doch noch weit gründlicherer, systematischer Untersuchungen, um die Frage definitiv zu beantworten. Auch katalytische Wirkungen können durch bestimmte Komplexe innerhalb oder ausserhalb der Farbstoffmolekel ausgeübt werden.

Die von uns untersuchten Farbstoffe reihen sich, indem wir die charakteristischen Komplexe zu Grunde legen, in erster Annäherung zu folgendem Schema aneinander, wenn wir sie nach abnehmender Lichtempfindlichkeit in H_2O- bezw. H_2O_2-Lösung anordnen:

$>C = \langle\,\rangle = N<$; S N N; O N; N C; $-N=N$ $>R$; $-N=N$; N N; $-N=N-$

Bisweilen scheint auch die — CO — -Gruppe der Angriffspunkt für die Autoxydation zu sein.[1])

Die Frage, ob die Lichtbeständigkeit der Farbstoffe im Zusammenhang mit dem kolloidalen Charakter ihrer Lösungen steht, lässt sich zur Zeit noch nicht beantworten, da die Natur der Farbstofflösungen nicht weitgehend genug bekannt ist.

Welchen Einfluss das Licht auf die Autoxydation der Farbstoffe hat, ist bei der Kompliziertheit der Reaktion (Endprodukte wurden noch nicht gefasst) kaum zu sagen. Da das H_2O_2 selbst lichtempfindlich ist, könnte man daran denken, dass das Licht wie ein Peroxydkatalysator wirkt. (Richardson will auch in O_2-haltigem mit H_2SO_4 angesäuertem Wasser H_2O_2 durch Belichtung erhalten haben.) Da aber die Farbstoffe vornehmlich in dem zu ihrer Farbe komplementärem Licht ausbleichen[2]), muss man wohl annehmen, dass die von der Farbstoffmolekel selbst absorbierte Energie eine Hauptrolle spielt; sie könnte z. B. die Aufspaltung der doppelten Bindung beschleunigen. Ob der Mechanismus des Bleichens im Licht der gleiche ist, wie der der Dunkelreaktion,

1) Vielleicht infolge tautomeren Gleichgewichtes

$$R_1 - CO - R_2H \rightleftarrows R_1 - C(OH) = R_2.$$

2) S. z. B. P. Lasareff, D. A. 24, 661. 1907.

ist zur Zeit nicht zu entscheiden, doch scheint mir die Tatsache wesentlich, dass das schon erwähnte, bei geeigneter Konzentration von H_2O_2 auftretende Dunklerwerden von Farbstofflösungen eine erzwungene Lichtreaktion ist; die gedunkelte Lösung wird unter Lichtabschluss heller, um bei Belichtung wieder zu dunkeln. Ob es sich bei diesem Vorgang um eine reversible oder um eine pseudoreversible[1]) photochemische Reaktion handelt, ist noch zu untersuchen; jedenfalls wirkt bei dem Bleichprozess unter gewöhnlichen Umständen das Licht nur beschleunigend, da die Autoxydation langsam auch im Dunkeln erfolgt. F. Weigert[2]) hat in einer interessanten Arbeit den Nachweis erbracht, dass bei gewissen „katalytischen" Lichtwirkungen „Reaktionskerne" gebildet werden. Ob etwas ähnliches beim Bleichprozess stattfindet, ist noch zu untersuchen; übrigens scheint mir eine quasi katalytische Lichtwirkung infolge von Resonanzvorgängen an gewissen Atomgruppen möglich, die dadurch auf eine sehr hohe „Eigentemperatur" und somit zu grosser Reaktionsfähigkeit gelangen, ohne dass zunächst die Temperatur der Molekeln wesentlich geändert wird.[3])

Der Ausbleichprozess ist, was auch schon z. B. von O. Gros beobachtet wurde, ausserordentlich empfindlich gegen fremde Stoffe. Die Wichtigkeit der Kenntnis verzögernder und beschleunigender Körper für Theorie und Praxis (Färberei, photographisches Ausbleichverfahren etc.) bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung. Bezüglich der Wirksamkeit organischer Zusätze sei auf die oben gegebene kurze Andeutung hingewiesen; hier mögen nur ein paar Worte über das Verhalten anorganischer Fremdkörper folgen.

---

1) R. Luther und Joh. Plotnikow, Z. phys. Chem. **61**, 513. 1908.

2) D. A. **24**, 243. 1907.

3) K. Schaum, diese Berichte 1901, 131.

$H^{\cdot}$-Jonen wirken stark verzögernd, was vielleicht für die Erhaltung der Pflanzenfarbstoffe wichtig ist.

OH'-Jonen wirken stark beschleunigend.

Cl'-, Br'- und SO_4''-Jonen wirken verzögernd.

NO_3'- und ClO_4'-Jonen wirken beschleunigend.

Einzelne Salze wirken in konzentrierter Lösung anders, als in verdünnter, was — wie wir inzwischen fanden — schon von Bargellini und Mieli[1]) beobachtet wurde. Merkwürdiger Weise wirken manche Stoffe in H_2O_2-Lösung anders, als in H_2O-Lösung. Bei der Wirkung der Elektrolyten ist zu bedenken, dass der kolloide Zustand der Farbstofflösungen geändert werden kann.

Ich beabsichtige nach diesen vorwiegend orientierenden Versuchen systematische Untersuchungen mit den einfachsten Farbstoffen beginnend anzustellen, um die Einflüsse der Chromophore und der verschiedenen Atomgruppen successiv zu verfolgen.

Die Messungen wurden mit einem von uns konstruierten Kolorimeter mit Lummer-Brodhun'schen Kontrast-Würfel ausgeführt, das ich auch für Schwärzungsbestimmungen an Platten und Papieren einrichten und später näher beschreiben werde.

---

1) Rend. Acad. Linc. 15. 773. 1906.

Ferner sprach Herr F. A. Schulze über:

Die Uebereinstimmung der als Unterbrechungstöne bezeichneten Klangerscheinungen mit der Ohm-Helmholtzschen Resonanztheorie.

Es hat lange die Ansicht bestanden und besteht wohl bei einigen Autoren noch, dass immer, wenn ein Ton p in der Sekunde u mal intermittiert, im Ohre ein subjektiver Unterbrechungston von der Schwingungszahl u entstände. In der Tat sind sogenannte „Intermittenztöne" mehrfach beobachtet worden; zuerst wohl von R. Koenig, der der eifrigste Verfechter der genannten Ansicht war, sodann von Zwaardemaker, L. Hermann, Dennert. Das allgemeine Bestehen eines solchen „Unterbrechung- oder Intermittenztones" wäre unvereinbar mit der Ohm-Helmholtz'schen Theorie des Hörens, wonach nur sinusförmige Luftschwingungen als reiner Ton im Ohr empfunden werden.

Bei dieser Wichtigkeit der Frage der Intermittenztöne haben K. L. Schaefer und O. Abraham, die sich schon früher mit Unterbrechungstönen eingehend beschäftigt hatten, in einer sehr sorgfältigen und ausgedehnten, mit der Zwaardemaker'schen Versuchsanordnung angestellten Experimentaluntersuchung[1]) festgestellt, was gehört wird, wenn ein Ton p in der Sekunde u mal unterbrochen wird. Sie fanden, dass im allgemeinen ein sehr kompliciert zusammengesetzter Klang entsteht, der aus den Tönen p, $p - u$, $p - 2u$, $\ldots p - nu \ldots$ besteht, und dass diese Töne objektiv vorhanden sind, durch Resonatoren nachweisbar. Im allgemeinen wird also ein Ton u nicht gehört. In einem Spezialfall aber wird u mit harmonischen Obertönen gehört, nämlich dann, wenn p gleich u oder ein ganzzahliges Vielfaches von u ist. Dagegen

---

1) K. L. Schaefer und O. Abraham, Ann. d. Phys. 13. p. 996. 1904.

wird p mit harmonischen Obertönen gehört, wenn u ein ganzzahliges Vielfaches von p ist.

Dieses komplizierte Verhalten entspricht nun aber vollständig der Ohm-Helmholtz'schen Resonanztheorie und ist mit den früheren Vorstellungen, es entstehe im Ohr bei Tonunterbrechungen stets ein subjektiver Intermittenzton, unvereinbar.

Wie nämlich auch im einzelnen die Art der Tonunterbrechung oder Tonintensitätsschwankung beschaffen ist, es lässt sich die Amplitude jedenfalls darstellen als Fourier'sche Reihe:

$$J = a_0 + a_1 \sin(2\pi u t + \delta_1) + a_2 \sin(2 \cdot 2\pi u t + \delta_2) + \ldots$$

Die Luftbewegung ist demnach

$$J \sin(2\pi p t + \varepsilon) = a_0 \sin(2\pi p t + \varepsilon)$$

$$+ \frac{a_1}{2} \cos\{2\pi(p - u)t + \zeta_1\} + \frac{a_1}{2} \cos\{2\pi(p + u)t + \zeta_1\}$$

$$+ \frac{a_2}{2} \cos\{2\pi(p - 2u)t + \zeta_2\} + \frac{a_2}{2} \cos\{2\pi(p + 2u)t + \zeta_2\}$$

$$+ \ldots\ldots$$

Bei den Tonunterbrechungen resultieren demnach die Töne:

$$p,\ p - u,\ p - 2u,\ p - 3u,\ \ldots$$
$$p + u,\ p + 2u,\ p + 3u,\ \ldots$$

Die Töne p, $p - u$, $p - 2u$ ... sind aber auch gerade die von K. L. Schaefer und O. Abraham experimentell gefundenen Töne.

Ist speziell p ein ganzzahliges Vielfaches von u, so entsprechen diese Töne p, $p - u$ ... den Tönen u, $2u$, $3u$ ...; und wenn u ein ganzzahliges Vielfaches von p ist, so resultieren die Töne p, $2p$, $3p$ oder einzelne derselben ... in vollständiger Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der Versuche.

Töne der Schwingungszahl $p + u$, $p + 2u$, ... $p + nu$ sind in der Abhandlung von K. L. Schaefer und O. Abraham nicht angegeben.

Auf meine Anfrage, ob vielleicht derartige Töne zur Beobachtung gekommen sind, sandte mir Herr Prof. K. L. Schaefer einen Teil des glücklicherweise noch vorhandenen Beobachtungsprotokolles, in dem nun tatsächlich einige solche Töne $p + nu$ als gehört verzeichnet sind. Mit freundlicher Erlaubnis der Herren K. L. Schaefer und O. Abraham seien diese in der folgenden Tabelle mitgeteilt.

u	p	Gehört
155	ca. 1650	$h_3 = p + 2u$ und $cis^4 = p + 4u$
ca. 307	$E =$ ca. 83	E stark schwebend
		e^0
		$g^1 = 396 \cong p + u$
		$h^1 = 495 \cong 2p + u$
ca. 330	$h^1 = 495$	$gis^2 = p + u$

Diese hierdurch gegebene Bestätigung der Theorie ist um so wertvoller als nach gütiger Mitteilung diese Beobachtungen nur nebenbei gemacht und notiert sind, ohne dass nach diesen Tönen $p + nu$ besonders gesucht wurde.

Die Intensitätskoefficienten a_0 a_1 a_2 ... etc. hängen von der Art der Unterbrechung ab. In dem Fall, dass diese derartig ist, dass Zeiten vollkommener Tonlosigkeit mit Zeiten, während deren die gegebene Tonintensität besteht, abwechseln, wie es bei den Versuchen von K. L. Schäfer und O. Abraham der Fall war, lässt sich folgender allgemeine Satz angeben:

Die Intensität des Tones p wächst mit zunehmender Dauer des Tondurchganges gegen die Dauer der Tonpause. Für alle anderen auftretenden Töne $p - nu$, $p + nu$ gilt dagegen die Beziehung: Die Intensität ist bei gegebener Intensität des primären Tones und gegebener Unterbrechungsperiode die gleiche für zwei Anordnungen, in denen die Zeitdauer von Tonpause und Tondurchgang vertauscht sind.

Eine gewisse Bestätigung der Ohm-Helmholtz'schen Resonanztheorie bei Unterbrechungstönen liegt vielleicht auch in einem Versuch von Zwaardemaker, bei dem für $p = d^3$ und $u = 64$, der Intermittenzton den Charakter eines auf tiefem Sprechton gesprochenen A erhielt. Die Töne

$$p, p - u, p - 2u \ldots$$
$$p + u, p + 2u \ldots$$

sind hier wenigstens annähernd gerade diejenigen, die nach den Versuchen von Helmholtz für den Vokal A charakteristisch sind.

Ueber eine Reihe von Einzelheiten sowie über die Litteratur soll an anderer Stelle ausführlicher berichtet werden.

Hierauf sprach Herr F. Richarz über:

Barometrische Bestimmung der Meereshöhe Marburgs.

Zur Ergänzung der Inaug.-Diss. von A. Stützer, Marburg, Februar 1906.

Folgendes gab mir die Anregung, Herrn A. Stützer die im Titel genannte Berechnung als Aufgabe des zweiten Teiles seiner Doktorarbeit zu stellen.

Im grossen Hörsaale des Physikalischen Instituts befindet sich seit dem Jahre 1892 eine Tafel: „Die meteorologischen Daten Marburgs in den Jahren 1866–1880", in der als mittlerer Barometerstand 740,4 mm angegeben ist. [Wie dieser Wert durch Kompensation einer nicht angebrachten Korrektion und eines Druckfehlers nahezu richtig geworden ist, siehe Stützer a. a. O. pag. 62, 63.] An diese Angabe anknüpfend mache ich als Beispiel zur barometrischen Höhen-

berechnung in der Vorlesung folgenden Ueberschlag: Die Erniedrigung des Marburger Barometerstands gegen den normalen von 760 mm beträgt rund 20 mm; auf rund 11 m Anstieg sinkt das Barometer um 1 mm (vgl. z. B. F. Kohlrausch, Lehrbuch, 10. Aufl. 1905 pag. 146); also berechnet sich Marburgs Meereshöhe auf rund 220 m, was für das physikalische Institut ungefähr stimmt. Ich pflege dann darauf hinzuweisen, dass bei einer sorgfältigen Berechnung als Barometerstand für den bis unter Marburg fortgesetzt gedachten Meeresspiegel nicht einfach 760 mm gesetzt werden darf; und dass an Stelle der „rund 11 m Anstieg“ ein aus lokaler mittlerer Dichtigkeit der Luft und aus lokaler Schwerkraft zu berechnender anderer Wert angenommen werden muss, in den auch die mittlere Jahrestemperatur des Ortes wesentlich eingeht. Zu einer solchen sorgfältigeren Berechnung habe ich alsdann Herrn A. Stützer veranlasst.

Bei Durchsicht der Literatur ergab sich, dass bereits mein zweiter Amtsvorgänger Chr. L. Gerling aus dem Mittel von Barometerablesungen der Jahre 1817—1828 dieselbe Berechnung versucht hatte (Schriften dieser Gesellsch. Bd. II, Heft 4, Marburg 1829, Kriegers Verl.). Sein Resultat ist aber sehr fehlerhaft. Eine genauere Erörterung seiner Barometerablesungen ergibt zwar, dass diese bereits recht zuverlässig waren. Dabei ist wohl zu beachten, dass Gerling seine Wohnung, in der er die Ablesungen machte, wechselte; die erste lag in der Nähe des jetzigen Instituts, die zweite in der Nähe des Saalbaues, also erheblich tiefer. Die beiden Gruppen von Ablesungen müssen also auf gleiche Meereshöhe reduciert werden, was A. Linz (Schriften dieser Ges. Bd. 12, 1. Abh., 1886—95, Elwerts Verlag, Marburg) in seiner Kritik der Gerling'schen Beobachtungen unterlassen hat (siehe Stützer a. a. O. pag. 66). Wenn aber auch das aus Gerlings Ablesungen abgeleitete Mittel des Barometerstandes nahezu richtig ist, so legt er doch — wie Herr Stützer a. a. O. pag. 49—60 zeigt — im

übrigen der Berechnung irrige Daten zu Grunde: aber nur deshalb, weil für richtige damals die Grundlagen noch fehlten.

Insbesondere schwierig ist es, einen zuverlässigen Wert für den mittleren Barometerstand in dem bis unterhalb Marburgs fortgesetzt zu denkenden Meeresspiegel zu ermitteln, ohne den fehlerhaften Zirkelschluss zu machen, dass man zur Reduktion auf Meeresspiegel die Resultate der Nivellements voraussetzt. Dies würde der Fall sein, wenn ich aus einer Karte der auf Meeresspiegel reducierten kontinentalen Jahresisobaren jenen mittleren Barometerstand für den Ort Marburgs direkt entnehmen wollte. Gute Jahresisobarenkarten sind zuerst entworfen worden von Julius Hann und haben z. B. zur Ermittelung des Druckmaximums über den Alpen geführt.[1])

Von jedem Nivellement frei ist aber folgende Ermittelung des mittleren Barometerstandes für den bis unter Marburg fortgesetzt gedachten Meeresspiegel. Man nehme an als bekannt nur die an den benachbarten Küsten und angrenzenden Meeresteilen beobachteten Barometermittel und zwar der Ost- und Nordsee und des Atlantischen Ozeans um Frankreich. Aus der Jahresisobarenkarte von Rung[2]) ist das

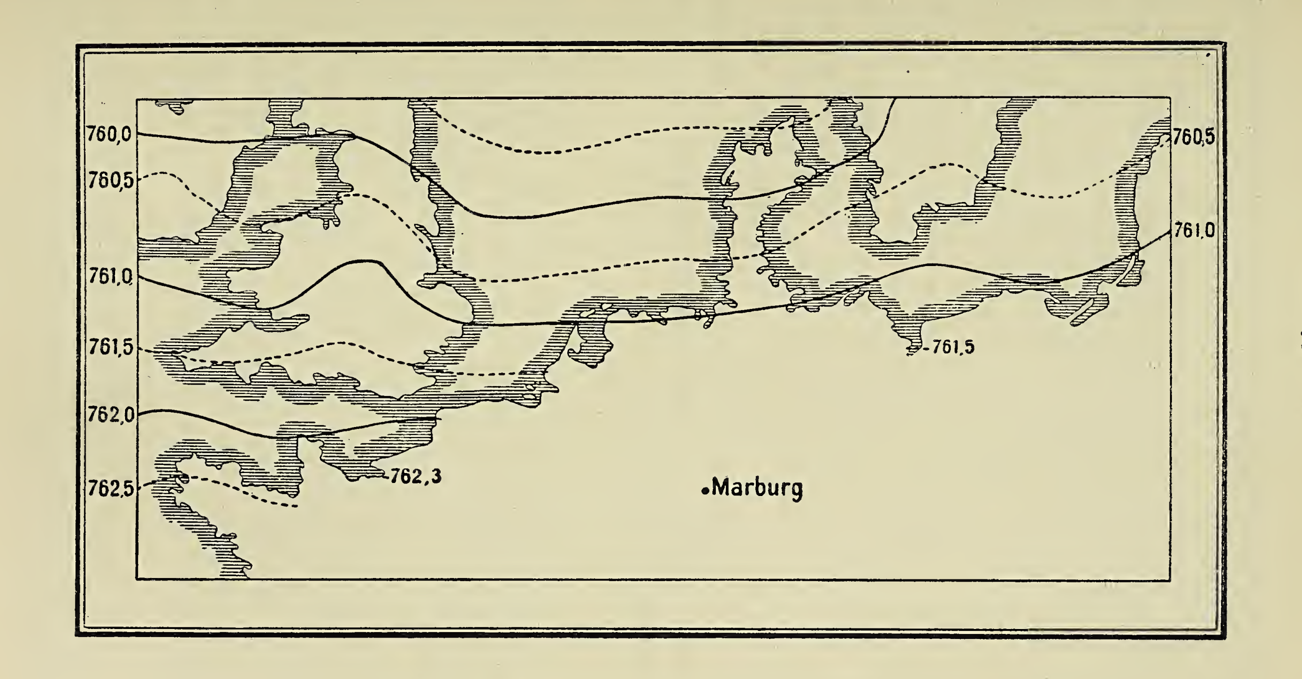
---

1) J. Hann, Die Verteilung des Luftdruckes über Mittel- und Süd-Europa etc. Geographische Abhandlungen herausgegeben von Prof. Dr. A. Penck, Bd. II, Heft 2, p. 17, Wien 1887 bei Hölzel.

Atlas der Meteorologie (Berghaus, Physikalischer Atlas, Abteilung III) von Julius Hann. Gotha 1887. Justus Perthes.

Im begleitenden Text sind Quellen, insbesondere auch für die ozeanischen Isobaren, und Erläuterungen angegeben.

2) Répartition de la pression atmosphérique sur l'Europe, observée de 1881 à 1895 et direction moyenne du vent sur les litteraux par le capitaine G. Rung. Copenhague 1904. „Toutes les valeurs sont réduites au niveau de la mer et corrigées de la variation de la pesanteur" (ib. p. 7). Auf dieses neuste Werk hat mich Herr Kollege Theobald Fischer aufmerksam gemacht, wofür ich ihm zum grössten Danke verpflichtet bin.



760,0
760,5
761,0
761,5
762,0
762,5
762,3
Marburg
761,5
760,5
761,0

folgende Isobarenkärtchen auf vorstehender Seite in obiger Weise ausgeführt.

Bei ungezwungener Verlängerung der Isobaren 761,5 bis 762,5 ins Innere des Kontinentes hinein, würde Marburg etwa auf der Isobare 762,4 liegen. Erlaubt ist diese Schlussweise nur aus folgendem Grunde: Marburg liegt, wie das Kärtchen deutlich zeigt, in einem Halbkreise von Küsten, und nach Klima völlig noch im ozeanischen Gebiete. Auch die kürzlich erst erschienene Regenkarte Hellmanns[1]) zeigt dieses aufs deutlichste; die Niederschlagsmengen an den Gebirgen in Marburgs Umgegend i. w. S. sind relativ gross an den westlichen Abhängen, klein an den östlichen. Dementsprechend liegt Marburg auch in der Nähe regelmässig verlaufender ozeanischer Isobaren. Ein Resultat gibt die obige Ueberlegung deshalb, weil die Isobaren von den friesischen Inseln an nach Süden hin keineswegs mehr längs der Küste verlaufen, sondern diese schneiden und ins Innere des Kontinents eindringen.

Zur Reduktion der an verschiedenen Orten innerhalb Marburgs vorgenommenen Barometerablesungen auf dieselbe Meereshöhe hat Gerling selbst den Fachbaum des Mühlenwehrs in der Lahn an der Lohmühle auf dem Kämpfrasen, Nr. 12, gewählt. Herr Stützer reduciert daher einerseits auch auf diesen Punkt, andererseits auf den Nummerbolzen der Preussischen Landesvermessung Nr. 158 am Physikalischen Institut, zwischen dessen beiden Eingängen vom Renthof her, etwa 55 cm hoch über dem Trottoir angebracht. Letzterer Punkt liegt um 57,387 m höher als jener Lahnspiegel. Die von Herrn A. Stützer kritisch gesichteten und

1) Regenkarte der Provinzen Hessen-Nassau und Rheinland von G. Hellmann, Berlin 1903, Dietrich Reimer. Siehe dort auf Seite 19 die Zusammenstellung der Niederschlagshöhen der preussischen Provinzen.

umgerechneten Werte nach Anbringung aller Korrektionen für den mittleren Barometerstand sind:

	Gerling 1820—28	Meteorol. Station 1866—80 nach Linz
Fachbaum des Mühlenwehrs i. d. Lahn	746,14	746,37
Nummerbolzen am Physikal. Institut	740,98	741,20

Für die mittlere Jahrestemperatur Marburgs ergibt sich sowohl aus Gerlings Ablesungen wie aus Linz' Zusammenstellung durch Reduktion auf den Nummerbolzen am Physikalischen Institut derselbe Wert von 8,30°. Ich bin inzwischen von auswärtiger Seite auf die Fortsetzung der Mittelbildung von Linz durch B. Koch, Temperaturverhältnisse Marburgs 1866—1889 (Schriften dieser Ges. Bd. 12, Abt. 5, 1892) freundlichst aufmerksam gemacht worden, die als Jahresmittel 8,13° ergibt. Indessen hat Herr Stützer doch wohl richtig das Linz'sche Barometermittel bei der Berechnung der Meereshöhe auch mit dem Linz'schen Temperaturmittel für dieselben Jahre kombiniert.

In Bezug auf die Reduktion wegen der Schwere auf 45° geogr. Breite hat Herr A. Stützer auf meine Veranlassung in seiner Dissertation (pag. 50, Anm. 3 und pag. 54, am Schluss von V.) einige Bemerkungen gemacht, die stets in ähnlichen Fällen — wie mir scheint — beachtet werden müssen, aber nicht stets beachtet worden sind. Es ist erstens, dass man bei Anwendung der Formel, wie sie z. B. in Kohlrausch, Lehrbuch, 1905, p. 146 angegeben und p. 147 abgeleitet ist, dann die wegen der Schwere noch nicht korrigierten Barometerstände einführen muss, wenn man das in dieser Formel wegen der Schwere korrigierende Glied beibehält. Dies gilt für die Kombination zweier Barometerstände für verschiedene Höhen, aber gleiche geographische Breite. Zweitens aber, wenn man Barometerstände von Stationen

verschiedener geographischer Breite miteinander kombinieren will, so wird man bei berücksichtigenswerter Verschiedenheit derselben jeden Barometerstand einzeln wegen der Schwere zu korrigieren haben, und dann aber in der barometrischen Höhenmessformel das wegen der Schwere korrigierende Glied fortlassen müssen.

Die Kombination des mittleren Barometerstandes von Marburg mit dem obigen mittleren Barometerstand 762,4 mm für den bis unter Marburg fortgesetzt gedachten Meeresspiegel ergibt in Verbindung mit den besprochenen Hilfsgrössen durch die barometrische Höhenmessformel die Meereshöhe Marburgs. Das Gerling'sche Barometermittel ergibt so für den Fachbaum 178,554 m (Stützer, l. c. pag. 60). Und zwar ist jener fortgesetzt gedachte Meerespiegel gemäss dem Kärtchen auf pag. 69 und gemäss dessen Verwendung zur Ermittelung des Wertes von 762,4 der mittlere Spiegel des Atlantischen Ozeans und des Kanales an den Küsten Frankreichs und bedarf um auf Normal-Null der Ostsee reduciert zu werden noch der kleinen Korrektion von rund —15 cm, welche sich aus der Gesamtausgleichung der Mittel- und West-Europa durchkreuzenden Nivellementszüge ergibt (Landes-Aufnahme und Generalstabs-Karten von P. Kahle, Berlin 1893, Verlag von Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Berlin). Sie ist etwas grösser als die Korrektion von —14,3 cm, welche (siehe Stützer pag. 42) die Höhenangaben über Mittelwasser der Nordsee auf „über N.-N." reduciert. Durch Anbringung der Korrektion von —15 cm reduciert sich daher die barometrisch berechnete Höhe des Fachbaumes auf 178,40 m über N.-N.

Das von Linz ausgerechnete Barometermittel ergibt in derselben Weise berechnet (siehe Stützer a. a. O. pag 66) für den Fachbaum 175,73 m über N.-N.

Nach einem vor kurzem vom kgl. Meliorations-Bauwart Herrn Hüttenhain zu Marburg ausgeführten Nivellement zum

Anschluss an die preussische Landesaufnahme liegt der Fachbaum des Mühlenwehres in der Lahn

176,784 m über N.-N.

Das aus Gerlings Barometermittel berechnete Resultat ist mithin um 1,62 m zu hoch, das aus Linz' um 1,05 m zu niedrig (bei Herrn Stützer pag. 66, Zeile 8 v. u. versehentlich + statt —).

Wir wollen nun den beiden barometrisch berechneten Höhen Gewichte beilegen, welche wir gleich der Zahl der Jahre setzen, aus denen das betreffende Barometermittel genommen ist. Also für Gerling 9, für Linz 14. Die Vereinigung der beiden barometrischen Meereshöhen zum Mittel ergibt dann

176,77 m über N.-N.,

also fast genau den Wert aus dem Nivellement.

Dass diese zuletzt vorgenommene Zusammenfassung zu einem so über Erwarten und durch glücklichen Zufall so guten Resultat führt, war in Herrn Stützers Dissertation nicht erkannt worden, weil in ihr ganz am Schluss das soeben erwähnte Versehen im Vorzeichen stehen geblieben war. Die dort in den letzten zehn Zeilen gemachten Bemerkungen (pag. 66 und 67) entfallen nunmehr ebenfalls nach Berichtigung jenes Versehens.

Aufgelegte Schriften:

Verhandlungen der Berliner medizinischen Gesellschaft aus dem Gesellschaftsjahre 1907. Bd. 38. Berlin 1908.

91. Jahresbericht der naturforschenden Gesellschaft zu Emden für 1905/1906. Emden 1907.

XIX. und XX. Bericht der naturforschenden Gesellschaft zu Bamberg. 1907.

15. Jahresbericht des Vereins für Naturwissenschaft zu Braunschweig für die Vereinsjahre 1905/06 und 1906/07. Braunschweig 1908.

Leopoldina. Heft XLIV. Nr. 2. Februar 1908.

Bulletin de l'Academie Impériale des sciences de St. Petersbourg. VI. serie. Nr. 2 u. 3. 1. Februar und 15. Februar 1908. 2 Hefte.

Bolletino del laboratorio di zoologia generale e agraria della scuole superiore d'agricoltura in Portici. Vol. I. 1907.

Atti della Reale Accademia dei Lincei 1908. ser. V. Rendiconti della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali. 19. Januar, 2. u. 16. Februar. Nr. 2. 3. 4. 3 Hefte.

Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Pisa. Processi verbali Vol. XVI. Nr. 4 u. Vol. XVII. Nr. 1. 2. 5. Mai 1907 u. 12. Januar 1908. 2 Hefte.

Bergens Museums Aarbog. 1907. Bergen 1908.

Annotationes zoologicae japonenses. Vol. VI. part. III. Tokyo. Dez. 1907.

Mitteilungen aus der Medizinischen Fakultät der Kaiserlich Japanischen Universität zu Tokyo. Bd. VII. Nr. 3. 1907.

Boletin del cuerpe de Ingenieros de Minas del Peru. Nr. 53. Lima 1907.

Archivos do Real Instituto bacteriologico Camara Pestana. Bd. II. fasc. 1. Lissabon 1908.

Summary report of the departement of mines, geological survey (Canada) for the calendar year 1907. Ottawa 1908.

Geological survey of Canada. Nr. 958 u. 968. Ottawa 1906 u. 1907.

Synopsis of the report of the superintendent of the United states naval observatory for the fiscal year ending June 30. 1907. Washington 1908.

Missouri botanical garden. 18. annual report. St. Louis 1907.

Smithsonian institution U. S. National Museum. Report on the progress and condition of the U. S. National Museum for the year ending June 30. 1907. Washington 1907.

Smithsonian contributions to knowledge. Vol. XXXIV. Glaciers of the canadian Rochies and Selkirks. Washington 1907.

Transactions of the philosophical society Philadelphia. New series. Vol. XXI. part. III. Philadelphia 1907.

Proceedings of the American. Academy of Arts and Sciences. Vol. XLIII. Nr. 12. Dezember 1907.

Bulletin of the scientific laboratories of Denison university. Vol. XIII. Articles IV. V. VI. Granville, Ohio 1907.

Bulletin of the New York public library. Vol. XII. Nr. 2. Februar 1908.

Ohio state university. Vol. X. Nr. 4. Columbus 1906. Supplement to Nr. 13. 1907 (3 Hefte). Vol. XI. Columbus 25. April 1907.

Memoirs of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College. Vol. 35. Nr. 2. Cambridge 1907. (und Titelblätter).

Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College. Vol. LI. Nr. 7 u. 9. Cambridge 1908.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 4 Mai 1908

In der ordentlichen Sitzung vom 15. Mai sprach Herr Dr. A. Lohmann:

Zur Physiologie der Schilddrüse.

In einem Vortrag, den ich in der Dezember-Sitzung vorigen Jahres in der Gesellschaft zur Bef. d. ges. Naturw. hielt[1]), konnte ich über Versuche berichten. die ich über die antagonistische Wirkung des von mir in den Nebennieren gefundenen Cholins und des Suprarenins angestellt hatte.

Die Resultate gaben die Veranlassung, meine Untersuchungen auf die Schilddrüse auszudehnen und zu versuchen, ob sich auf ähnlichem Wege auch hier physiologisch wichtige Körper darstellen liessen. Da gleich die ersten in dieser Richtung hin angestellten Versuche bemerkenswerte Resultate ergaben, so möge im folgenden kurz darüber berichtet werden.

Zur Verarbeitung gelangten 274 Schilddrüsen von Rindern, die im Bielefelder Schlachthof gesammelt und unter Alkohol aufgehoben wurden. Nach Zerkleinerung der Drüsen in der

---

1) Der Vortrag ist im Archiv für die gesamte Physiologie, Bd. 122, S. 203, veröffentlicht.

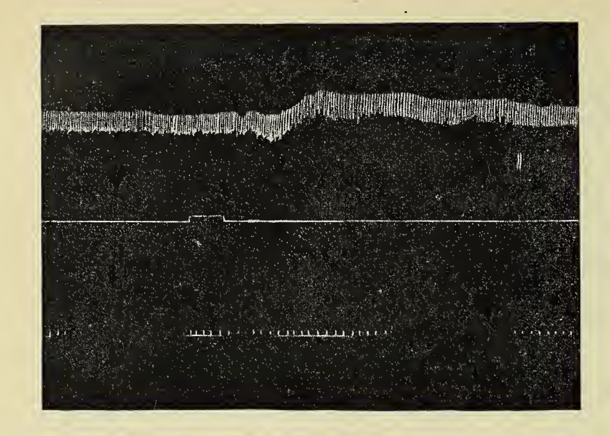


Fig. 1.
Injektion der Chloride der „Histidinfraktion".

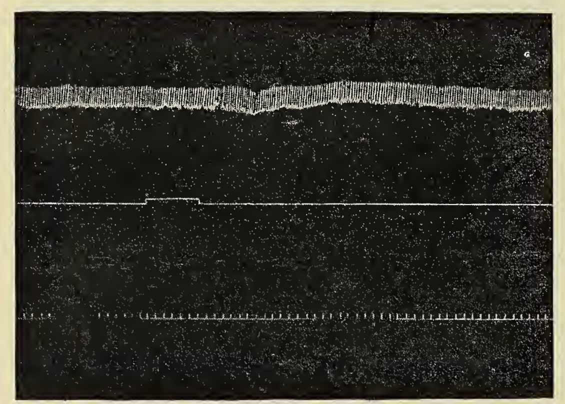


Fig. 2.
Injektion der Chloride der „Argininfraktion".

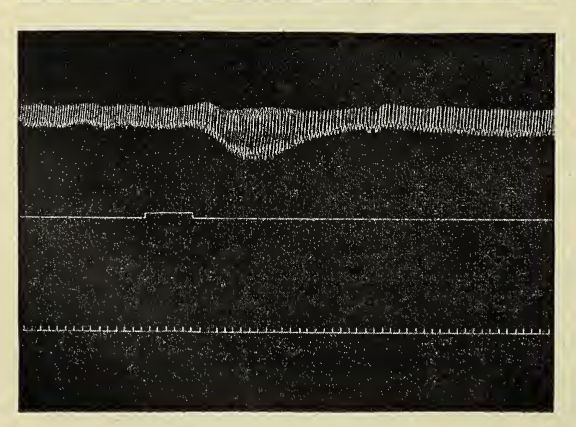


Fig. 3.
Injektion der Chloride der „zweiten Phosphorwolframsäurefällung".

Fleischmaschine wurde der Alkohol auf dem Wasserbade verjagt und ein wässeriger Extrakt hergestellt. Nachdem dieser mit Bleiessig und Tannin nach Kutscher gereinigt war, wurde, genau wie bei den Nebennieren, eine Phosphorwolframsäurefällung hergestellt und aus dieser die freien Basen gewonnen. Diese wurden nun wieder durch verschiedene Fällungsmittel in eine Anzahl Fraktionen geteilt: 1. die Histidinfraktion, 2. die Argininfraktion und 3. die zweite Phosphorwolframsäurefällung.[1])

Die aus diesen Fraktionen hergestellten Chloride wurden nun am Kaninchen auf ihre ev. Wirkung auf den Blutdruck hin geprüft. Es ergab sich, dass durch das beschriebene Verfahren schon eine Trennung physiologisch wichtiger Körper eingetreten war.

Zum Versuche wurde einem Kaninchen, bei dem der Blutdruck durch ein in die Carotis eingelegtes Manometer registriert wurde, intravenös eine Spur des zu untersuchenden Chlorids in physiologischer Kochsalzlösung gelöst beigebracht. Der Moment der Injektion ist auf den Figuren durch den Signalschreiber sichtbar gemacht.

Der unterste Signalschreiber gibt die Zeit in Sekunden an.

Wir sehen aus Fig. 1, dass in der „Histidinfraktion“ eine blutdrucksteigernde Substanz enthalten ist. Fig. 2 zeigt den negativen Erfolg der Injektion der Chloride der „Argininfraktion“. Bei Fig. 3 wurden die Chloride der „zweiten Phosphorwolframsäurefällung“ verabfolgt, es befindet sich unter ihnen eine Substanz, die deutlich den Blutdruck herabsetzt. Andere Versuche deuten darauf hin, dass es sich hier wiederum um Cholin handelt. Doch soll über die Natur dieser beiden Körper, die durch das beschriebene Verfahren getrennt sind, demnächst ausführlich berichtet werden.

---

1) Der Weg der chemischen Verarbeitung ist genau der gleiche, wie er von mir bei den Untersuchungen über die Nebennieren angewandt war.

Sodann berichtete Herr F. Richarz:

Über den wesentlichen Einfluss von Spuren nitroser Gase auf die Kondensation von Wasserdampf.

Nach den im hiesigen Physikalischen Institut von E. Barkow und E. Pringal angestellten Versuchen.

In der Sitzung der Gesellschaft vom 11. Juli 1906 [1]) habe ich bereits berichtet über die Inaugural-Dissertation von E. Barkow: „Versuche über Entstehung von Nebel und dessen optische Eigenschaften bei Wasserdampf und einigen anderen Dämpfen“, speziell auch unter Hinweis darauf, dass Herr Barkow in seiner Dissertation [2]) bereits damals, vor zwei Jahren es als wahrscheinlich hingestellt hat, dass Oxyde des Stickstoffs das Wesentliche sind für die unter Umständen durch Ozon hervorgerufene Kondensation des Wasserdampfes, insbesondere für das Auftreten des „blauen Nebels“ bei geringen oder ohne Druckerniedrigungen.

So heisst es insbesondere pag. 40: „Der (Elkansche) Bombensauerstoff ist nicht ganz rein, er enthält vor allem einige Prozent Stickstoff, da er aus der atmosphärischen Luft durch Befreiung von Stickstoff hergestellt wird. Das aktive Agens könnte also z. B. irgend ein Stickoxyd sein, das sich im trocknen Sauerstoff im Ozonisator oder auch im feuchten, ozonreichen Sauerstoff im Nebelgefäss bildet.“ Ferner pag. 46: „Schliesslich ist noch zu erklären, wie durch ionenfreies Ozon der blaue Nebel entstehen kann. Man könnte annehmen, Ozon in seinem fertigen Zustand oxydiere z. B. den Stickstoff, . . .“

---

1) F. Richarz, diese Sitz.-Ber. 1906, pag. 123.

2) E. Barkow, Diss. vom 4. März 1906, Marburg bei Joh. Hamel; pag. 40, 42, 46, 52, 53—56.

und pag. 52: „Die wahrscheinliche Ursache, dass der blaue Nebel entsteht und so lange bestehen kann, ist in der Bildung der Stickstoffverbindungen zu suchen, ...“

Diese Vermutungen über den Einfluss von Stickoxyden wurden bei der Fortführung der Untersuchungen, welche schon in der Barkowschen Dissertation pag. 13 u. 42 und in meinem erwähnten Berichte angekündigt wurde, durch Herrn E. Pringal als zutreffend bestätigt, so dass in dem vor einem Jahre in den „Annalen“ veröffentlichten Auszug aus der Dissertation Herrn E. Barkows bereits mitgeteilt werden konnte:[1]) „Durch meine Versuche bin ich zu der Vermutung gelangt, dass hierbei irgend welche Oxyde des Stickstoffs, dessen letzte Reste nur sehr schwer aus dem Sauerstoff zu entfernen sind, eine wesentliche Rolle spielen. Bestätigt wird diese Vermutung durch E. Pringal, der im Marburger Physikalischen Institute damit beschäftigt ist, meine Untersuchungen fortzuführen. Je mehr man nämlich den benutzten Sauerstoff von Stickstoff, und je mehr man den ozonisierten Sauerstoff von seinen Verunreinigungen durch Stickoxyde befreit, umsomehr nimmt mit zunehmender Reinheit des Ozons die Nebeldichte ab.“

Ferner heisst es auf pag. 340 des Auszuges in den Annalen: „Die Wirksamkeit des O_3 tritt immer nur ein, wenn Anwesenheit von Stickstoff, bez. Stickoxyden nicht völlig ausgeschlossen ist. Von den nitrosen Gasen zeigte ich oben, dass sie spontan Kerne bilden, die bei sehr geringer Expansion starke, dichte Nebelbildung hervorrufen. Von rauchender Salpetersäure haben bereits R. v. Helmholtz und F. Richarz mit dem Dampfstrahl nachgewiesen, dass sie kräftige Kondensation hervorruft. Das dampfförmige Anhydrid $N_2 O_5$ wird in der Tat kräftig hygroskopisch sein, wie auch schon R. v. Helmholtz für die minimalen Mengen von $SO_4 H_2$-Dämpfen nachwies, die in einem Luftstrom enthalten sind,

1) E. Barkow, Ann. d. Phys. (4) **23**, 1907, pag. 332.

der über Schwefelsäure gestrichen ist. Alle Beobachtungen würden sich also vollkommen erklären lassen, wenn niedere Oxydationsstufen des Stickstoffs als Grund der schwächeren Kondensation angesehen werden; durch Ozon oder Belichtung erzeugte höhere und noch stärker hygroskopische Oxyde als Ursache der sehr starken Kondensation. Wie erwähnt, wird dies von Herrn Pringal weiter untersucht."

Auch die Naturwiss. Rundschau[1]) brachte einen eingehenden Bericht über die Barkowsche Arbeit unter ausdrücklichem Hinweis auf die Fortführung der Arbeit und auf deren Ergebnisse bezüglich der nitrosen Gase.

Die in jenen, oben wörtlich wiedergegebenen, Bemerkungen von E. Barkow, unter ausdrücklicher Angabe ihres wesentlichen Resultates und auch an anderen Stellen der Dissertation und von mir in meinem früheren Bericht angekündigte Arbeit von E. Pringal ist am 24. Januar von der Marburger Philosophischen Fakultät angenommen; ihre Drucklegung ist jetzt vollendet; sie wird nächster Tage zur Versendung gelangen. In ihr ist auch der Vorschlag von Herrn Kollegen Schaum erwähnt, durch Untersuchung der Absorptionsspektren die Art der betreffenden nitrosen Gase genauer festzustellen.

Inzwischen ist von Herrn E. Warburg und G. Leithäuser eine Abhandlung „Über die Analyse der Stickoxyde mit Hilfe ihrer Absorptionsspektren im Ultrarot" (Sitz.-Ber. Berl. Akad. 1908, pag. 148—153) erschienen, und ganz neuerdings haben auch die Herren Leithäuser und Pohl[2]) die starke kondensierende Wirkung von Spuren nitroser Gase, die dem Ozon beigemengt sind, nachgewiesen. Sie sprechen auch bereits speziellere Vermutungen über die betreffenden in Betracht kommenden Oxyde des Stickstoffs aus auf Grund verschiedener Formen

---

1) Naturw. Rundschau XXII. (41) 1907, pag. 521, insbes. pag. 522, Spalte 2.

2) G. Leithäuser und R. Pohl, Verh. Deutsch. Physik. Ges. 6 pag. 249, 6. III. 1908.

der Kondensation, die sie durch verschiedene Stickstoffoexyd hervorrufen, insbesondere über die Beteiligung des durch Wirkung von O_3 auf niedere Stickoxyde nach Warburg und Leithäuser gebildeten Körpers Y, dem „Stickstoffperoxyd N_2O_6" von Hautefeuille und Chappuis. Bezüglich der Vermutungen bezw. der Versuche der Herren Barkow und Pringal siehe den Nachtrag der Herren Leithäuser und Pohl. (Verh. d. Deutsch. Physik. Ges., Sitzung vom 29. Mai d. J.)

Herr E. Barkow und Herr E. Pringal haben weiter vermutet, bezw. nachgewiesen, dass die nebelbildenden nitrosen Gase auch entstehen, wenn vermittels Natronlauge nach E. Warburg[1]) denitrosiertes, fertiges Ozon mit Stickstoff zusammengebracht wird.

Die Herren Barkow und Pringal nehmen an, dass fertiges Ozon Stickstoff (bei Anwesenheit von Wasserdampf) zu oxydieren im stande sei. Ob diese Annahme richtig ist, muss nach ihren Versuchen m. E. doch noch dahingestellt bleiben. Auch für die Entscheidung dieser Frage war Anwendung der spektralanalytischen Methode in Aussicht genommen. Vielleicht ist zwar jene Annahme der Herren Barkow und Pringal richtig; zur Oxydation des Stickstoffs durch fertiges Ozon ist aber möglicherweise die Mitwirkung von Belichtung erforderlich, deren wichtige Rolle bereits Herr Barkow nachgewiesen hat. Vielleicht aber auch ist für diese Wirkung die vorherige Existenz minimaler Spuren von nitrosen Gasen im zugeleiteten Stickstoff erforderlich, die dann durch O_3 in höhere Oxyde verwandelt werden, welche dann wieder wegen ihres starken Oxydationsvermögens möglicherweise im Verein mit dem Ozon den Stickstoff angreifen und neue nitrose Gase bilden. Die vermehrten und höher oxydierten Mengen von nitrosen Gasen gegenüber den ursprünglichen Spuren würden alsdann kräftiger nebelbildend wirken. Endlich wäre noch denkbar, dass Stickoxydul N_2O der Natronlauge bei der Denitrosierung entginge,

1) E. Warburg und G. Leithäuser: Ann. d. Phys. (4) 20, pag. 743, 1906

dass N_2O selbst nicht nebelbildend wirkt, aber mit O_3 nebelbildende Stickoxyde lieferte; hierauf machte Kollege K. Elbs im Giessen-Marburger Colloquium aufmerksam.

Bei derselben Gelegenheit sprach Kollege W. König die Vermutung aus, dass Tyndalls „aktinische Wolken" (siehe X. Vortrag „Chemische Strahlen" in „Fragmenten") durch die Versuche von Barkow und Pringal ihre Erklärung finden könnten.

Es ist sehr wohl möglich, dass die von Frau Curie (C. R. **145**, pag. 1145—1147, 1907; Beibl. z. Ann. d. Phys. **32**, pag. 504, 1908) beobachtete Kondensation von Wasserdampf in Gegenwart von Radiumemanation ebenfalls mit der vorhergehenden Bildung von nitrosen Gasen und deren von den Herren Barkow und Pringal nachgewiesenem stark kondensierendem Einfluss zusammenhängt.

Auch hat bereits Herr E. Barkow in seiner Dissertation und in deren Auszug in den Annalen in Anknüpfung an Beobachtungen unseres verehrten ehemaligen ordentlichen Mitgliedes Joh. Kiessling auf den Zusammenhang mit atmosphärischen Erscheinungen hingewiesen.

Über die zu Grunde liegenden schönen Beobachtungen hatte uns letzterer berichtet in seinen Vorträgen „über einen von sichtbarer Kondensation begleiteten Blitzschlag" (November 1904); „weitere Kondensationsversuche" (Januar 1905, Sitz.-Ber. pag. 49); „Zusammenhang zwischen Blitzentladung und Kondensation" (Mai 1905, Sitz.-Ber. pag. 67 u. 92; auch Sitz.-Ber. d. Deutsch. Physik. Ges. Berlin, 7. Januar 1905). Nachdem nun Herr E. Barkow und Herr E. Pringal den wesentlichen Einfluss von Spuren nitroser Gase für die Kondensation nachgewiesen haben, ist anzunehmen, dass die durch atmosphärisch-elektrische Vorgänge erzeugten nitrosen Gase in den speziellen vorstehend erwähnten Fällen, wie allgemein auch vielfach sonst, eine wichtige Rolle bei der Kondensation des atmosphärischen Wasserdampfes zu Nebel und Wolken spielen.

Sodann berichtete Herr Fr. Kutscher über:

Die Diazoreaktion des normalen Harns, nach Versuchen von Herrn Engeland.

Macht man normalen Harn mit Natriumkarbonat alkalisch und versetzt ihn dann mit einer Lösung von Diazobenzolsulfosäure, die man am besten vorher auch mit Natriumkarbonat alkalisch gemacht hat, so färbt sich der Harn orange bis bordeauxrot. Diese schöne Farbenreaktion ist zuerst von Penzoldt[1]) beobachtet worden. Die Ursache der Reaktion ist folgende:

Im Harne finden sich regelmässig einige Körper, die beim Abbau des Tyrosins im Organismus entstehen, der völligen Verbrennung entgehen und daher im Harne ausgeschieden werden. Man bezeichnet sie als aromatische Oxysäuren. Die nahen Beziehungen derselben zum Tyrosin ergeben sich ohne weiteres aus ihren Formeln.

$C_6H_4\left\langle\begin{array}{l}OH\\ CH_2 \cdot \underset{\displaystyle NH_2}{CH} \cdot COOH\end{array}\right.$ p-Oxyphenylamininopropionsäure (Tyrosin)

$C_6H_4\left\langle\begin{array}{l}OH\\ CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH\end{array}\right.$ p-Oxypenylpropionsäure

$C_6H_4\left\langle\begin{array}{l}OH\\ CH_2 \cdot COOH\end{array}\right.$ p-Oxyphenylessigsäure

} Aromatische Oxysäuren

Die aromatischen Oxysäuren reagieren nun, wie bereits Clemens[2]) gezeigt hat, in ausgezeichneter Weise mit einer

1) Berliner klinische Wochenschrift 1883, Nr. 14, S. 201.

2) Archiv f. klinische Medicin. Bd. 63, S. 74.

alkalischen Lösung von Diazobenzolsulfosäure unter Bildung roter Kuppelungsprodukte. Sie sind also eine Ursache der Diazoreaktion des normalen Harns. Entfernt man aber die aromatischen Oxysäuren aus dem Harn, indem man denselben bei saurer Reaktion mit Aether erschöpft, dann gibt der in Aether nicht lösliche Anteil doch noch kräftige Diazoreaktion. Es müssen also im Harn ausser den vom Benzolkern des Eiweisses sich herleitenden aromatischen Oxysäuren noch andere Körper vorhanden sein, die ebenfalls in sodaalkalischer Lösung mit Diazobenzolsulfosäure unter Bildung roter Produkte reagieren.

Bezüglich dieser bisher unbekannten Körper hat sich ermitteln lassen, dass sie sich alle wahrscheinlich auf den im Eiweiss vorhandenen Imidazolkern

$$\begin{array}{ccc} N & \cdot & CH \\ \| & & \| \\ CH & & CH \\ & \diagdown\ \diagup & \\ & NH & \end{array}$$

zurückführen lassen.

Es hat sich nämlich aus dem Harn die Imidazolaminopropionsäure darstellen lassen, ein Körper dem man die Formel

$$\begin{array}{cccl} N & \cdot & CH & \\ \| & & \| & \\ CH & & C & \cdot CH_2 \cdot \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\cdot}{CH}} \cdot COOH \\ & \diagdown\ \diagup & & \\ & NH & & \end{array}$$

zuschreibt, und der unter dem Namen Histidin ein lang bekanntes Spaltungsprodukt der Eiweisskörper ist.

Ausserdem wurde im Harn auch eine Base gefunden, die wahrscheinlich als Imidazolaminoessigsäure anzusprechen ist.

$$\begin{array}{cccl} N & \cdot & CH & \\ \| & & \| & \\ CH & & \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\cdot}{C \cdot CH}} & \cdot COOH \\ & \diagdown\ \diagup & & \\ & NH & & \end{array}$$

Weiter liess sich als gut krystallisierendes Goldsalz ein Körper gewinnen, für den sich die Formel $C_{15}H_{36}N_8O_{13}$ berechnen liess. Auch er muss zum Imidazolkern des Eiweisses in naher Beziehung stehen, denn er gab die Farbenreaktionen des Histidins in sehr ausgesprochener Weise.

Ausser diesen krystallinisch gewonnenen Imidazolderivaten wurden noch Substanzen erhalten, die man wie die bisher aufgeführten durch Phosphorwolframsäure sowie Silbernitrat und Barytlösung niederschlagen konnte. Auch sie gaben prachtvolle Rotfärbung mit Diazobenzolsulfosäure bei sodaalkalischer Reaktion. Trotzdem sie sich bisher nicht in analysierbare Form haben bringen lassen, werden wir wohl nicht fehlgehen in ihnen ebenfalls Abkömmlinge des Eiweisses zu suchen, die durch den Imidazolring ausgezeichnet sind, an dem die Diazoreaktion haftet.

Sodann sprach Herr K. Stuchtey (als Gast) über:

Demonstration der Grünglut von Gold.

Bekanntlich emittieren alle festen Körper bei Erhitzung ein kontinuierliches Spektrum. Sie beginnen bei Erwärmung auf 525° zunächst rote Strahlen auszusenden; sie befinden sich im Zustand der Rotglut. Bei weiterer Erhitzung bis 1000° treten sie in die Phase der Gelbglut; es sind zu den roten Strahlen noch die gelben und grünen Wellenlängen hinzugetreten. Endlich von einer Temperatur von ungefähr 1200° an werden auch die blauen und violetten Wellenlängen emittiert: der Körper ist in das Stadium der Weissglut getreten. Jedoch gelten diese Verhältnisse nur für den absolut schwarzen Körper. Zwar nähern sich mit erhöhter Temperatur die meisten andern Körper mit farbiger Oberfläche dem absolut schwarzen Körper. Für diejenigen Körper aber, die

auch beim Erhitzen ihre Färbung beibehalten, sind nach dem Kirchhoffschen Gesetz: „Für jede Substanz ist bei gegebener Temperatur das Emissionsvermögen für jede Wellenlänge proportional dem Absorptionsvermögen für dieselbe Wellenlänge“ Abweichungen zu erwarten. Es müsste nämlich jeder farbige Körper bei Erhitzung, vorausgesetzt, dass er bei derselben sein Oberflächenverhalten in bezug auf die Absorption nicht ändert, grade die Wellenlängen am stärksten emittieren, die er sonst beim Auffallen von weissem Licht absorbiert. So müsste ein roter Körper beim Erhitzen mit den grünen Wellenlängen sein Selbstleuchten einleiten. Auf Veranlassung von Herrn Professor Schaum stellte Herr Wüstenfeld Untersuchungen in dieser Richtung an. Unter anderm wurde auch auf Anraten von Herrn Professor Richarz Kupfer und Gold untersucht. Bei Kupfer muss beim Glühen die Oxydation vermieden werden, was bei dem edleren Gold nicht erforderlich ist. Gold, das bei gewöhnlicher Temperatur den grün-blauen Anteil des auffallenden weissen Lichtes absorbiert und dadurch seine orangegelbe Farbe annimmt, beginnt tatsächlich sein Eigenleuchten mit Aussendung von grünen Strahlen, zu denen dann noch die anderen bei erhöhter Temperatur hinzutreten.

Diese Grünglut des Goldes lässt sich sehr schön in einem verdunkelten Zimmer zeigen, wenn man ein Kügelchen Gold, das in eine kleine Vertiefung eines Asbestpappestücks gelegt ist, mit der Sauerstoffflamme erhitzt. Noch besser gelingt der Versuch, wenn man das Gold zunächst bis zur Weissglut erhitzt, dann die störende Flamme auslöscht. Bei geringer Abkühlung leuchtet das Gold weisslich-blaugrün; bei noch grösserer Abkühlung dunkelgrün. Bei noch weiterer Abkühlung hört die Eigenemission mit dieser Grünglut auf, ohne dass Rotglut aufgetreten wäre.

Hierauf sprach Herr F. A. Schulze:

Ueber die Abhängigkeit des Elasticitätsmoduls von der Spannung.

Ueber das Gesetz der elastischen Dehnung liegen eine Reihe von Experimentaluntersuchungen vor. Besonders hervorgehoben seien die Versuche von J. O. Thompson[1]), die auf Anregung und unter Leitung von Herrn F. Kohlrausch angestellt sind, sowie diejenigen von C. Bach[2]). Es hat sich herausgestellt, dass die Abweichungen vom Hooke'schen Gesetz, wonach die Ausdehnung stets genau proportional der Belastung sein soll, meist derartig sind, dass die Ausdehnung beschleunigt mit der Belastung wächst. (Eine Ausnahme bilden nur Substanzen wie Leder u. ä.)

J. O. Thompson stellt das Gesetz der Abhängigkeit der Totalverlängerung X von der Spannung P dar in der Form $X = \alpha P + \beta P^2 + \gamma P^3$.

Nach C. Bach schliesst sich den Versuchen am besten an die Formel $X = C \cdot P^n$ („Potenzgesetz"). Diese steht allerdings, wie F. Kohlrausch bemerkt hat, mit einer konstanten Schallgeschwindigkeit in Widerspruch. Tatsächlich ist die Formel, wie Versuche von F. Kohlrausch und E. Grüneisen[3]) ergeben haben, für sehr kleine Deformationen nicht mehr gültig.

R. Mehmke[4]) hat die sämtlichen von C. Bach zur Stützung seines „Potenzgesetzes" $X = C \cdot P^n$ herangezogenen

1) J. O. Thompson, Wied. Ann. **44**. p. 555. 1891.

2) C. Bach, Elasticität und Festigkeit, 3. Aufl. p. 11 ff. 1898.

3) F. Kohlrausch und E. Grüneisen, Berl. Ber. 1901, p. 1086—1091

4) R. Mehmke, Zeitschr. f. Math. u. Physik, **42**. p. 327—338. 1897. Dort ist auch eine sehr sorgfältige Zusammenstellung der Literatur gegeben.

Beispiele sowohl nach diesem Gesetz als auch nach dem „parabolischen Gesetz“ $X = \alpha P + \beta P^2$ berechnet. Es zeigte sich, dass „innerhalb der angenommenen Spannungsgrenzen das Potenzgesetz die Beziehung zwischen Spannung und elastischer Dehnung im ganzen genauer zum Ausdruck bringt“. Da jedoch mehrfach das parabolische Gesetz die bessere Uebereinstimmung mit den Beobachtungen gibt, und das Potenzgesetz für sehr kleine Deformationen versagt, so wird man am besten an dem parabolischen Gesetz vorläufig festhalten können.

So viel ich sehe, sind alle hierauf bezüglichen Versuche stets nach statischen Methoden angestellt, direkte Bestimmung der Verlängerungen bei gegebenen Spannungen. Die gefundenen Elasticitätsmoduln sind also die isothermen.

Im folgenden sollen Versuche beschrieben werden, bei denen die Abhängigkeit des Elasticitätsmoduls von der Spannung an dem adiabatischen, durch sehr schnelle Schwingungen gemessenen Elasticitätsmodul gemessen wurde, und zwar wurde die Methode der Longitudinalschwingungen von dünnen Drähten benutzt[1]). Ein an beiden Enden eingeklemmter Draht von der Länge l Meter und dem spezifischen Gewicht s gebe den Longitudinalton N v. d. pro sec. Es ist dann der Elasticitätsmodul

$$E = \frac{4 N^2 l^2 s}{9810} \ \frac{\text{kg Gew.}}{\text{mm}^2}$$

Es bietet diese Methode den Vorteil, dass man einmal nur verhältnismässig geringe Längen braucht, und dass man ferner bei der Kleinheit der bei den Longitudinalschwingungen auftretenden Verrückungen den wahren, dem gerade bestehenden Spannungszustand entsprechenden Elasticitätsmodul erhält wenn man diesen definiert als den Quotienten $\frac{d\sigma}{d\varepsilon}$, als den

1) Vgl. z. B. F. Kohlrausch, Lehrbuch d. prakt. Physik, 9. Aufl., p. 201. 1901.

Grenzwert, dem das Verhältnis von Spannungsänderung zu der dadurch hervorgerufenen relativen Längenveränderung zustrebt.

Die Thermodynamik gibt als Verhältnis des adiabatischen Elasticitätsmodul E_a zum isothermen E_i den Ausdruck

$$\frac{E_a}{E_i} = 1 + \frac{\alpha^2 T E_a}{s c_p}$$

wobei α der lineare Ausdehnungskoefficient, T die absolute Temperatur, s die Dichte, c_p die specifische Wärme bei konstantem Druck ist. Für fast alle Metalle ist $\frac{E_a}{E_i}$ nur um wenige pro mille von 1 verschieden, sodass der Unterschied von E_a gegen E_i unter die Grenzen der Beobachtungsfehler fällt, und bisher nicht mit Sicherheit konstatiert werden konnte [1]).

Die Versuche wurden folgendermassen angestellt:

Die zur Untersuchung gelangenden Drähte wurden in dem grossen Weber'schen Monochordgestell in vertikaler Lage eingespannt. Das untere Ende ist durch eine Schraube vollkommen festgeklemmt. Das obere Ende ist in einer Backe eingeklemmt, die ihrerseits die Mutter einer Schraube trägt und in einer Führung vertikal auf- und abgeschoben werden kann. Die Schraube selbst stösst an ein Holzstück, das ebenfalls an dem Rahmen des Gestells auf- und abbewegt und auch an ihm festgeklemmt werden kann. Man kann so nach Festklemmen dieses Widerlagers bei Drehen der Hauptschraube die Mutter auf- und abziehen und so den Draht spannen bez. entspannen. An einer Skala sind die Verlängerungen ablesbar. Der Draht wurde zunächst schlaff eingespannt und nun gereckt bis beim Anreiben mit Kolophonium der Longitudinalton gut entstand. Die Länge der Drähte betrug hierbei $^3/_4$—1 m. (Die Durchmesser waren zwischen $^1/_4$ und $^1/_3$ mm.) Die absolute Schwingungszahl des

1) Vgl. E. Grüneisen, Ann. d. Phys. 22. p. 842. 1907.

Longitudinaltones betrug hierbei rund 2000 v. d. pro sec. Nach dem Gehör hätte sie sich schlecht mit genügender Genauigkeit etwa durch Intervallvergleichung mit einer Stimmgabel direkt ermitteln lassen. Da ich etwa auf $^1/_4$ Ton, d. h. auf ca. 3 % Schwingungszahländerung ein Intervall direkt schätzen kann, so wäre die Genauigkeit auch nur etwa höchstens 3 %, in Wirklichkeit noch geringer gewesen.

Die Genauigkeit der Schwingungszahlbestimmung, die hierbei eine recht beträchtliche sein muss, wenn man überhaupt die Aenderung des Elasticitätsmoduls quantitativ genau feststellen will, liess sich nun aber beträchtlich steigern durch Ermittlung der Höhe des Differenztones gegen den festen Ton einer Stimmgabel. Es wurde dazu eine Stimmgabel von Rudolf Koenig mit 2048 v. d. genommen. Es wurde stets der erste Differenzton benutzt. Die Höhe dieses Differenztones wurde durch Schätzung des Intervalles gegen den Stimmgabelton ermittelt. Es ist so offenbar eine viel genauere Bestimmung der Aenderungen des Longitudinaltones des Drahtes möglich, als wenn man sein Intervall gegen den Ton der Stimmgabel direkt schätzt. Sei z. B. die Schätzungsgenauigkeit des Intervalls $^1/_4$ Ton, d. h. ca. 3 % der Schwingungszahl. Dann müsste sich also der Longitudinalton eben um so viel ändern, ehe man eine deutliche Aenderung der Tonhöhe merkt. Sei dagegen der Differenzton mit dem Stimmgabelton 180 v. d. Eine Aenderung dieses Tones um $^1/_4$ Ton $\cong$ 3 % würde 5,4 Schwingungen entsprechen. Um ebenso viel Schwingungen hat sich also auch der Longitudinalton geändert. Betrug seine Schwingungszahl also 2000 v. d., so ist hiermit eine Aenderung seiner Schwingungszahl um nur $^1/_4$ Procent bereits völlig sicher konstatierbar. Wäre es möglich, mit dem Differenzton noch tiefer herabzugehen, so wäre eine noch viel grössere Genauigkeit möglich. Wäre z. B. die Schwingungszahl des Differenztones 50 v. d., was ja noch im Bereich der Hörbarkeit liegt, so würde man noch eine Schwingungszahländerung um nur $^3/_2$ Schwingungen feststellen

können, d. h. eine Aenderung des Longitudinaltones um nur $^3/_2$ Promille, mithin des Elasticitätsmoduls um 3 Promille, Leider war es mir nicht möglich, das Intervall des Stimmgabeltones gegen den Differenzton genügend genau zu schätzen, wenn dieser unter ca. 200 v. d. betrug.

Es wurde nun der Draht successive um $^1/_2$ mm verlängert und jedesmal in der geschilderten Weise die Schwingungszahl des Longitudinaltones bestimmt. Dies wurde bis zum Zerreissen des Drahtes fortgesetzt. Es wurde also auf diese Weise zunächst der jeweilige Elasticitätsmodul als Funktion der Verlängerung bestimmt, also $E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = f(\varepsilon)$. Bei den statischen Versuchen ist immer die Verlängerung ε als Funktion der Spannung σ bestimmt. Man hätte sich hier natürlich diesem Verfahren mehr anschliessen können, indem man bekannte Spannungen wirken liess und die jeweiligen hierzu gehörenden Werte des Elasticitätsmoduls bestimmte. Doch kommen im Grunde beide Verfahren auf dasselbe hinaus.

Aus $\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = f(\varepsilon)$ kommt $\sigma = \int f(\varepsilon)\,d\varepsilon$, und hieraus ε als inverse Funktion in seiner Abhängigkeit von σ, wie es gewöhnlich angegeben wird.

Es wurden untersucht Drähte aus Stahl, Messing, Neusilber, 800 Silber, Silber.

Bei sämtlichen Drähten wurde nun konstatiert, dass die Schwingungszahl des Longitudinaltones bis zum Zerreissen mit der Verlängerung abnimmt und zwar genau linear innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler.

Die Gesamtänderungen der Schwingungszahl des Longitudinaltones vom ungespannten Zustand bis zum Zerreissen beträgt zwischen 3 und 7 %. Da diese Aenderungen nur klein sind, so nimmt der Elasticitätsmodul also auch bis auf Abweichungen zweiter Ordnung linear mit der Spannung ab.

Diese Versuche ergeben also als Gesetz der elastischen Dehnung wieder das parabolische Gesetz

$$\varepsilon = \alpha\,\sigma - \beta\,\sigma^2 = \frac{1}{E_0}\cdot\sigma - \beta\,\sigma^2$$

oder auch $E = E_0 - \alpha\,\sigma$.

Um eine Vorstellung von den Zahlen zu geben, um die es sich hier handelt, seien für den ungespannten Zustand (Index 0) und im Zustand kurz vor dem Zerreissen (Index z) angegeben: die Drahtlängen l, die zugehörigen Schwingungszahlen N, die Elasticitätsmoduln E. Bei letzteren kommt man für E_z zu verschiedenen Werten, je nachdem man, wie es eigentlich geschehen müsste, den Elasticitätsmodul $\frac{d\,\sigma}{d\,\varepsilon}$ auf die zuletzt dicht vor dem Zerreissen bestehenden Werte des Querschnitts und der Länge bezieht, oder, wie es allgemein üblich ist, auf die ursprünglichen Werte dieser Grössen im ungespannten Zustand. E_z ist hierbei bezogen auf den ursprünglichen Wert der Dichte s. Unter $E_{z\,korr}$ sind diejenigen Werte von E_z angegeben, die man erhält, wenn man die Umrechnung auf die gewöhnliche Definition des Elasticitätsmoduls bei statischen Zugversuchen annimmt, wobei stets der ursprüngliche Querschnitt und die ursprüngliche Länge angenommen wird.

Wie eine leichte Ueberlegung zeigt, ist zu setzen: $E_{z\,korr} = E_z\{1 - \varepsilon(2 - 4\,\mu\}$, wobei ε die relative Verlängerung, μ die Elasticitätszahl ist.

Für μ ist hier stets der Wert $^1/_3$ genommen.

Es wurde gefunden:

1) Stahl.

Querschnitt 0,0467 qmm, Tragfähigkeit 252 $\frac{\text{kg Gew.}}{\text{mm}^2}$, Dichte 7,90.

$l_o = 1{,}098$ m	$E_o = 20\,544\ \frac{\text{kg Gew.}}{\text{mm}^2}$	$N_o = 2300$ v. d.
$l_z = 1{,}1155$ „	$E_z = 19\,577$ „	$N_z = 2210$ „ „
	$E_{z\,korr} = 19\,269$ „	

2) Neusilber.

Querschnitt 0,0480 qmm, Tragfähigkeit 187 $\frac{\text{kg Gew.}}{\text{mm}^2}$,

Dichte 8,50.

$l_o = 0{,}9825$ m	$E_o = 11\,512\ \frac{\text{kg Gew.}}{\text{mm}^2}$	$N_o = 1855$ v. d.
$l_z = 0{,}9895$ „	$E_z = 10\,861$ „	$N_z = 1789$ „ „
	$E_{z\,korr} = 10\,799$ „	

3) 800 Silber.

Querschnitt 0,103 qmm, Tragfähigkeit 67 $\frac{\text{kg Gew.}}{\text{mm}^2}$,

Dichte 8,52.

$l_o = 0{,}746$	$E_o = 6479$	$N_o = 1756$
$l_z = 0{,}760$	$E_z = 6184{,}5$	$N_z = 1531$
	$E_{z\,korr} = 6082$	

4) Reines Silber.

Querschnitt 0,0499 qmm, Tragfähigkeit 32,1 $\frac{\text{kg Gew.}}{\text{mm}^2}$,

Dichte 10,48.

$l_o = 0{,}7320$	$E_o = 7777$	$N_o = 1843$
$l_z = 0{,}7355$	$E_z = 7602$	$N_z = 1814$
	$E_{z\,korr} = 7572$	

5) Messing.

Querschnitt 0,0706 qmm, Tragfähigkeit 89,5 $\frac{\text{kg Gew.}}{\text{mm}^2}$,

Dichte 8,11.

$l_o = 0{,}7940$	$E_o = 10\,392$	$N_o = 1821$
$l_z = 0{,}9895$	$E_z = 9\,791{,}5$	$N_z = 1739$
	$E_{z\,korr} = 9\,576$	

Als Anfangslänge, die dem ungespannten Zustand entspricht, wurde stets diejenige Länge genommen, die zuerst einen guten, klaren Longitudinalton gab. Eine gewisse Kon-

trolle für die Richtigkeit dieser Festsetzung lag in der totalen Verlängerung, die von da bis zum Zerreissen eintrat. Ist Z die Zugfestigkeit, so ist die beim Zerreissen erreichte relative Verlängerung ε_z gegeben durch $\varepsilon_z = \frac{Z}{E}$. Diese Beziehung war immer hinreichend erfüllt.

Die Versuche ergaben also eine lineare Abnahme des Elasticitätsmoduls mit der Verlängerung

$$E = \frac{d\,\sigma}{d\,\varepsilon} = E_0 - a\,\varepsilon$$

Daraus sei jetzt die Abhängigkeit des Elasticitätsmoduls sowie der Verlängerung von der Belastung berechnet.

Es ist $$\sigma = E_0\,\varepsilon - \frac{a}{2}\,\varepsilon^2$$

also

$$\varepsilon = \frac{E_0}{a} - \sqrt{\left(\frac{E_0}{a}\right)^2 - \frac{2}{a}\,\sigma} = \frac{E_0}{a}\left\{1 - \sqrt{1 - \frac{2}{a}\,\frac{a^2}{E_0^{\,2}}\,\sigma}\right\}$$

$$= \frac{E_0}{a}\left\{1 - \left[1 - \frac{a}{E_0^{\,2}}\,\sigma - \frac{1}{4}\,\frac{a^2}{E_0^{\,4}}\,\sigma - \ldots\right]\right\} \text{ oder}$$

$$\varepsilon = \frac{1}{E_0}\,\sigma + \frac{1}{4}\,\frac{a}{E_0^{\,3}}\,\sigma^2 + \frac{1}{4}\,\frac{a^2}{E_0^{\,5}}\,\sigma^3 + \ldots$$

Ferner ergibt sich

$$E = E_0 - \frac{a}{E_0}\,\sigma - \frac{1}{4}\,\frac{a^2}{E_0^{\,3}}\,\sigma^2 - \ldots$$

Allgemein wäre also $\varepsilon = \frac{1}{E_0}\,\sigma + b\,\sigma^2 + c\,\sigma^3 + \ldots$

$$E = E_0 - \alpha\,\sigma - \beta\,\sigma^2 + \ldots$$

Hierin ist $b = \frac{a}{4\,E_0{}^3}$, $c = \frac{1}{2}\,\frac{a^2}{E_0{}^5} \cdots$

$$\alpha = \frac{a}{E_0},\ \beta = \frac{a^2}{4\,E_0{}^3}, \cdots$$

Aus den Versuchen ergibt sich:

Substanz	a
Silber	42887
Stahl	79988
Messing.	51321
Neusilber	100070
800 Silber	21162

Aus diesen Werten von a und den schon angegebenen Werten von E_0 berechnen sich schliesslich folgende Beziehungen:

Silber . . . $E = 7777 - 5{,}51\,\sigma - 0{,}00098\,\sigma^2$
Stahl . . . $E = 20544 - 3{,}89\,\sigma - 0{,}00019\,\sigma^2$
Messing . . $E = 10392 - 4{,}94\,\sigma - 0{,}00059\,\sigma^2$
Neusilber . . $E = 11512 - 8{,}69\,\sigma - 0{,}00164\,\sigma^2$
800 Silber . $E = 6479 - 3{,}26\,\sigma - 0{,}00041\,\sigma^2$

Es seien noch die analogen Beziehungen angegeben, wie sie aus den Versuchen von J. O. Thompson sich berechnen:

Silber . . . $E = 8490 - 13{,}4\,\sigma + 0{,}097\,\sigma^2$
Stahl . . . . $E = 20050 - 23{,}8\,\sigma + 0{,}097\,\sigma^2$
Messing . . . $E = 10370 - 8{,}88\,\sigma - 0{,}59\,\sigma^2$
Kupfer . . . $E = 12890 - 17{,}3\,\sigma - 0{,}31\,\sigma^2$

Endlich folgt aus Versuchen von C. Bach[1])

$$\text{Gusseisen} \ldots \begin{cases} E = 10603 - 923\ \sigma \\ E = 14019 - 505\ \sigma \end{cases}$$

$$\text{Weiches Kupfer} \quad E = 11732 - 184{,}7\,\sigma$$

In der Grössenordnung stimmen meine Resultate in Bezug auf die Koeffizienten von σ wesentlich besser mit den von J. O. Thompson, als mit den von C. Bach ermittelten. Jedoch sind meine durchweg kleiner als diejenigen von J. O. Thompson.

Eine genauere Darstellung mit ausführlicher Angabe des Zahlenmaterials soll an anderer Stelle gegeben werden.

Erwähnt sei noch, dass ein einigermassen gutes Ohr die Vertiefung des Longitudinaltones um ca. $^1/_4$ bis $^1/_2$ Ton sehr gut hört, die eintritt, wenn der Draht allmählich bis zum Zerreissen gereckt wird. Die Vertiefung, die der Ton durch die Verlängerung des Drahtes allein erfährt, beträgt dabei höchstens etwa $^1/_8$ Ton, ist also nicht zu merken.

Die Abnahme des Elastizitätsmoduls mit wachsender Spannung kann man sich vielleicht durch die Ueberlegung plausibel machen, dass bei Annäherung an die Elastizitätsgrenze die Substanz allmählich sich dem flüssigen Zustand nähert.

---

1) Nach E. Grüneisen, l. c. p. 845.

In der ordentlichen Sitzung vom 10. März sprach Herr W. Feussner

Uber astatische Spiegelgalvanometer und Bestimmung verschiedener Konstanten derselben.

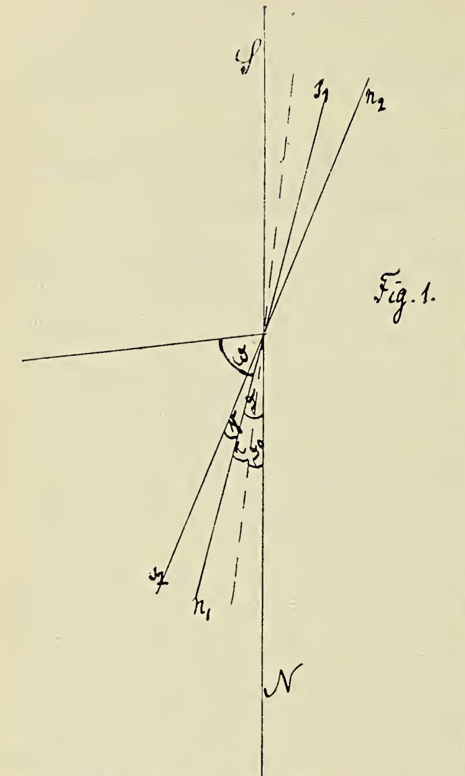
Unter den vielen Formen von Spiegelgalvanometern nehmen die, welche sich an die zuerst von William Thomson (Lord Kelvin) ausgeführte Gestalt anschliessen eine hervorragende Stelle ein. Du Bois und Rubens[1]) und Paschen[2]) haben sie zu Instrumenten von höchster Empfindlichkeit ausgebildet und in der Form, wie sie von mehreren Firmen, namentlich Siemens u. Halske, geliefert werden, sind sie in den physikalischen Instituten sehr verbreitet und zu vielen genauen Arbeiten gebraucht worden.

Auf solche Instrumente beziehen sich die folgenden Betrachtungen, die ich meist schon vor längerer Zeit angestellt und jetzt durch eine in unserem Institut ausgeführte Doktorarbeit veranlasst zusammengeschrieben habe. Ich habe dabei zunächst die bekannten Siemensschen astatischen Galvanometer mit zwei Glockenmagneten im Auge, doch können die Entwicklungen teils unmittelbar, teils mit leicht anzubringenden entsprechenden Änderungen auf viele andere Formen angewandt werden.

Bei diesen Instrumenten haben die Multiplikatorrollen kreisförmige Windungen und die Polabstände der Glockenmagnete sind klein gegen die Abmessungen der Rollen in Breite und Höhe. Es ist daher gestattet, die von den hindurchgeleiteten Strömen auf die Magnete ausgeübten Kräfte als senkrecht auf der Ebene der Windungen stehend anzunehmen. Die Rollen werden auch wohl immer so angefertigt,

---

1) H. E. J. G. du Bois und H. Rubens, Wied. Ann. **48**, 236. 1893.
2) F. Paschen, Wied. Ann. **48**, 279. 1893.



dass die auf beide Multiplikatoren bezüglichen Reduktionsfaktoren mit grosser Annäherung als untereinander gleich angenommen werden dürfen. Die Ausschlagswinkel endlich sind bei Spiegelinstrumenten klein, wir nehmen sie so klein an, dass für den Sinus der Winkel selbst, für den Cosinus Eins gesetzt werden kann.

Von dem astatischen Magnetsystem habe der eine (stärkere) Magnet das Moment M_1, der zweite M_2, der spitze Winkel zwischen ihren Achsen sei γ. Bei ungedrilltem Aufhängefaden mache der erste den Winkel ϑ_0 mit dem magnetischen Meridian Dann ist

$$(1) \qquad M_1 \sin \vartheta_0 - M_2 \sin (\gamma + \vartheta_0) = 0.$$

Drehen wir den Aufhängungskopf, sodass der Drillungswinkel des Fadens ω beträgt, während das Magnetsystem um τ nachfolgt, also die Drehung des Kopfes im ganzen $\omega + \tau$ ist, und setzen wir

$$\vartheta_0 + \tau = \vartheta$$

so hat man

$$(2) \qquad M_1 \sin \vartheta - M_2 \sin (\gamma + \vartheta) - \frac{T}{H} \omega = 0$$

worin T die elastische Direktionskraft des Fadens, H die Horizontalintensität des Erdmagnetismus bedeutet.

Aus (1) folgt

$$(3)\quad \begin{cases} \sin \vartheta_0 = \dfrac{M_2 \sin \gamma}{M}; \quad \cos \vartheta_0 = \dfrac{M_1 - M_2 \cos \gamma}{M}; \\ \sin (\vartheta_0 + \gamma) = \dfrac{M_1 \sin \gamma}{M}; \quad \cos (\vartheta_0 + \gamma) = \dfrac{M_1 \cos \gamma - M_2}{M}; \\ \text{wenn} \quad M = \sqrt{M_1^2 + M_2^2 - 2 M_1 M_2 \cos \gamma} \end{cases}$$

und daraus

$$(3a)\qquad M_1 \cos \vartheta_0 - M_2 \cos (\vartheta_0 + \gamma) = M.$$

Demnach folgt aus (2)

$$\sin \tau = \frac{T\omega}{MH} = \Theta\omega,$$

wenn $\frac{T}{MH} = \Theta$ gesetzt wird.

Aus dieser Gleichung (4) kann das Verhalten des Magnetsystems bei Drehung des Aufhängekopfs abgeleitet werden.[1]) Es ist

$$\frac{d\omega}{d\tau} = \frac{\cos \tau}{\Theta}.$$

demnach erreicht der Drillungswinkel ω seinen grössten Wert, wenn $\cos \tau = 0$, also der Ablenkungswinkel τ des Magnetsystems aus der Lage bei untordiertem Faden ein rechter ist. Dann ist nach (4)

$$\omega = \frac{1}{\Theta}.$$

Bis dahin war die Drehung des Torsionskopfes rascher als die des Magnetsystems, von jetzt an wird es bei weiterer Drehung umgekehrt, das Magnetsystem bewegt sich rascher als der Torsionskopf, besitzt aber immer noch eine stabile Gleichgewichtslage. Das wird anders bei einer gewissen Stelle, die sich folgendermassen findet. Wenn von einer Gleichgewichtslage bei bestimmtem τ und ω aus das Magnet-

---

1) Vgl. hiermit: Paul Schulze, Über asymmetrische Schwingungen. Inaug. Dissert., Greifsw. 1901. S. 16 ff. und F. Richarz und P. Schulze, Annalen d. Phys. 8, 351. 1902.

system ohne Bewegung des Torsionskopfes um den kleinen Winkel ε in positiver Richtung gedreht wird, so wird es wieder in die Ruhelage zurückkehren, wenn das in negativer Richtung wirkende vom Erdmagnetismus herrührende Drehungsmoment $M_1 H \sin(\vartheta + \varepsilon) - M_2 H \sin(\gamma + \vartheta + \varepsilon)$ grösser ist als das in positiver Richtung wirkende von der Drillung des Fadens herrührende $T(\omega - \varepsilon)$. Dann findet also stabiles Gleichgewicht statt, labiles dagegen, wenn das letztere Drehungsmoment grösser ist als das erste. Die Bedingung stabilen Gleichgewichts ist also

$M_1 \sin(\vartheta + \varepsilon) - M_2 \sin(\gamma + \vartheta + \varepsilon) > \frac{T}{H}(\omega - \varepsilon)$ oder nach

(2), (1) und (3a) $\frac{T}{H}\omega \cdot \cos\varepsilon + M \cos\tau \sin\varepsilon > \frac{T}{H}(\omega - \varepsilon)$, wofür

wegen der Kleinheit von ε gesetzt werden kann:

$$-\frac{1}{2}\Theta\,\omega\,\varepsilon^2 + (\cos\tau + \Theta)\,\varepsilon > 0.$$

Diese Bedingung ist immer erfüllt, wenn $\Theta > 1$ ist. sie hört aber auf erfüllt zu sein, wenn bei $\Theta \leqq 1$

$$\cos\tau = -\Theta$$

wird. Dann ist nach (4)

$$\omega = \frac{\sqrt{1 - \Theta^2}}{\Theta}$$

und die ganze Drehung des Aufhängekopfes:

$$\tau + \omega = \arc\cos(-\Theta) + \frac{\sqrt{1 - \Theta^2}}{\Theta}.$$

Überschreitet das Magnetsystem diese Lage nach der positiven Seite hin, so schlägt es um, d. h. es verlässt mit beschleunigter Geschwindigkeit die labil gewordene Gleichgewichtslage in positiver Richtung und sucht eine neue stabile auf. Von der Grösse von Θ hängt es ab, wo diese sich befindet. Bezeichnet man den eben für die Grenzlage der Drehung des Aufhängekopfes angegebenen Ausdruck durch $F(\Theta)$, so ergeben sich die τ und ω für die neue Gleichge-

wichtslage nach dem Umschlagen aus den transcendenten Gleichungen

$$F(\Theta) - 2\pi = \tau + \frac{\sin\tau}{\Theta} \text{ und}$$

$$F(\Theta) - 2\pi = \omega + \arcsin(\Theta \cdot \omega).$$

Bemerkenswert unter den Werten von Θ ist in dieser Beziehung $\Theta = 0{,}21722$.

In diesem Fall ist $F(\Theta) = 2\pi$, und das Magnetsystem kehrt durch das Umschlagen zu der Anfangslage mit ungedrilltem Faden zurück. Der Grenzwinkel von τ, bei dem das Umschlagen erfolgt, ist hier $102^0\,32'\,45''$. — Ist Θ grösser, so ist $F(\Theta)$ kleiner als 2π, τ und ω sind negativ und das Magnetsystem erreicht beim Umschlagen die Anfangslage nicht, ist aber Θ kleiner, so geht es darüber hinaus. Wird Θ so klein, dass $F(\Theta) = 4\pi$ ist, so erreicht das Magnetsystem über eine erste stabile Lage im ersten Quadranten hinaus erst nach zweimaliger Umdrehung wieder die Gleichgewichtslage mit ungedrilltem Faden, und bei jedem Wachsen von $F(\Theta)$ um 2π muss dafür eine neue Umdrehung hinzukommen. Der Wert von τ für den Umschlagspunkt rückt dabei immer näher an 90^0 heran.

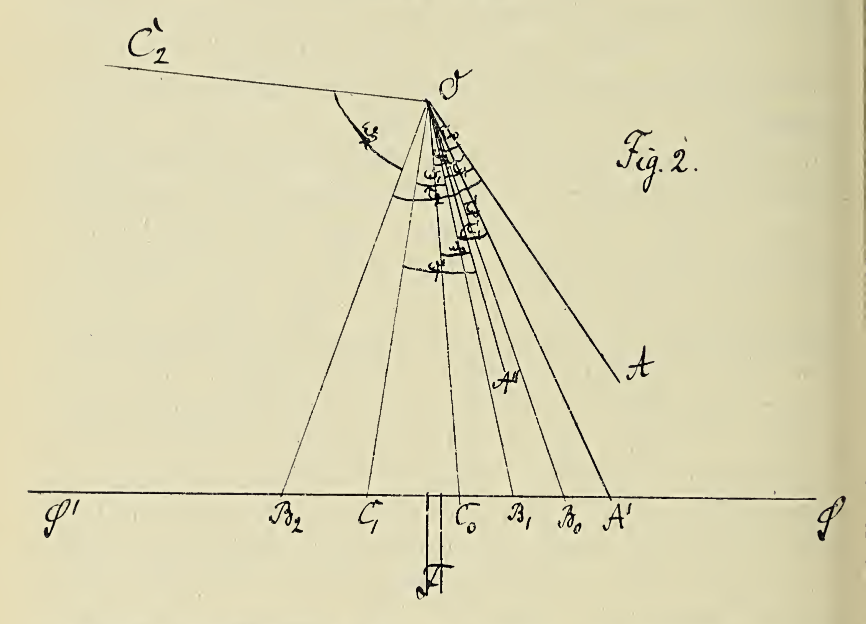
Bestimmung der Drillung des Fadens; Torsionsverhältnis.

Um die Grösse der Drillung bei einem beliebig gegebenen Zustand des Galvanometers zu finden, kann man folgendermassen verfahren.

In dem Zustand, für welchen der Drillungswinkel des Fadens bestimmt werden soll, bezeichne OB_0 die Richtung der Spiegelnormale des in O aufgehängten Magnetsystems, welche durch Ablesung auf der Skala SS' mit dem Fernrohr F bestimmt wird, und die Aufstellung sei so getroffen, dass diese Ablesung nahe dem Anfang der Skala liegt. In dem ungedrillten Zustand des Fadens liege die Spiegelnormale in der Richtung OA, die den vorläufig unbekannten Winkel τ_0 mit OB_0 bildet. Zwischen ihm und dem ebenfalls noch un-

bekannten Drillungswinkel B_0OC_0, den wir durch ω_0 bezeichnen wollen, besteht nach Gleichung (4) die Beziehung

$$\sin \tau_0 = \Theta \omega_0.$$



An dem Torsionskopf sei ein Zeiger angebracht, dessen Stellung auf einer am oberen Ende der Röhre aufgesetzten Gradteilung mit beliebig, etwa in der Richtung OA'' gelegenem Nullpunkt abgelesen werden kann. Die dem zu bestimmenden Zustand (ω_0, τ_0) entsprechende Ablesung hierauf werde mit ω_0' und der von der Spiegelnormale OB_0 mit einer beliebigen, Anfangslage (etwa der OA', die der Ablesung des Nullpunkts der Skala im Fernrohr entsprechen mag) gebildete Winkel durch τ_0' bezeichnet. Wir erteilen nun dem oberen Ende des Fadens eine weitere Drehung, wodurch der Dillungswinkel ω_1 wird. Die Spiegelnormale werde dadurch nach OB_1 geführt-sie mache mit OA den Winkel τ_1 mit OA' den τ_1', die Ablesung auf der Kreisteilung des Torsionskopfes sei ω_1. Dann ist

$$\sin \tau_1 = \Theta \omega_1.$$

Eine nochmalige Drehung führe die Spiegelnormale nach OB_2, sodass die Fernrohrablesung nahe dem Ende der Skala liegt; wir bezeichnen alle in Betracht kommenden Grössen wie eben, nur mit dem Index 2 statt 1. Dann haben wir auch

$$\sin \tau_2 = \Theta \omega_2.$$

Aus den letzten drei Gleichungen folgt

$$\sin \tau_1 - \sin \tau_0 = \Theta (\omega_1 - \omega_0)$$
$$\sin \tau_2 - \sin \tau_0 = \Theta (\omega_2 - \omega_0).$$

Wir haben nun

$$\tau_1 - \tau_0 = \tau_1{}' - \tau_0{}'; \quad \tau_2 - \tau_0 = \tau_2{}' - \tau_0{}'$$
$$\omega_1 - \omega_0 = \omega_1{}' - \omega_0{}' - (\tau_1{}' - \tau_0{}'); \quad \omega_2 - \omega_0 = \omega_2{}' - \omega_0{}' - (\tau_2{}' - \tau_0{}')$$

können also die Differenzen der ω und τ durch die der ω' und τ' ausdrücken, diese sind aber aus den Beobachtungen bekannt.

In den oben aufgestellten Gleichungen schreiben wir daher

$$\sin\tau_1 = \sin((\tau_1 - \tau_0) + \tau_0) = \sin(\tau_1{}' - \tau_0{}')\cos\tau_0 + \cos(\tau_1{}' - \tau_0{}')\sin\tau_0$$
$$\sin\tau_2 = \sin((\tau_2 - \tau_0) + \tau_0) = \sin(\tau_2{}' - \tau_0{}')\cos\tau_0 + \cos(\tau_2{}' - \tau_0{}')\sin\tau_0$$

also erhalten wir

$$\frac{\sin(\tau_1{}' - \tau_0{}') - (1 - \cos(\tau_1{}' - \tau_0{}')tg\tau_0}{\sin(\tau_2{}' - \tau_0{}') - (1 - \cos(\tau_2{}' - \tau_0{}')tg\tau_0} = \frac{\omega_1 - \omega_0}{\omega_2 - \omega_2}.$$

Darin ist nur τ_0 noch unbekannt. Wir setzen

$$\frac{\omega_1 - \omega_0}{\omega_2 - \omega_0} = \Omega$$

und haben:

$$(5) \qquad tg\tau_0 = \frac{1}{2} \frac{\sin(\tau_1{}' - \tau_0{}') - \sin(\tau_2{}' - \tau_0{}') \cdot \Omega}{\sin^2 \frac{\tau_1{}' - \tau_0{}'}{2} - \sin^2 \frac{\tau_2{}' - \tau_0{}'}{2} \cdot \Omega}.$$

Ferner ist

$$\frac{\sin\tau_1}{\sin\tau_0} = \frac{\omega_1}{\omega_0} \quad \text{oder} \quad \frac{\sin\tau_1 - \sin\tau_0}{\sin\tau_0} = \frac{\omega_1 - \omega_0}{\omega_0}$$

also:

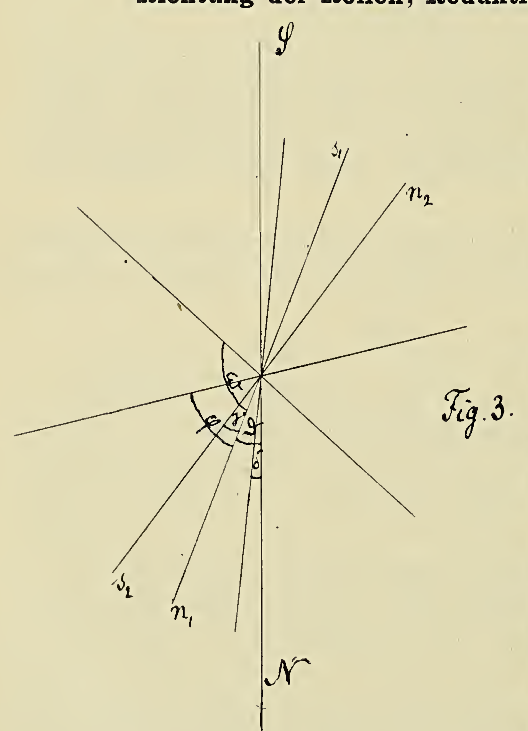
$$(6) \qquad \omega_0 = \frac{\sin\tau_0}{\sin\tau_1 - \sin\tau_0}(\omega_1 - \omega_0).$$

Damit ist auch der Drillungswinkel des Fadens bestimmt. Um ihn ungedrillt zu erhalten muss der Torsionskopf um $\omega_0 + \tau_0$ aus der Anfangslage zurückgedreht werden.

Aus der auf die Anfangslage oder eine der andern angewandten Gleichung (4) ergibt sich nun auch das Torsionsverhältnis

$$(7) \qquad \Theta = \frac{\sin \tau_0}{\omega_0} = \frac{\sin \tau_1}{\omega_1} = \frac{\sin \tau_2}{\omega_2}.$$

Richtung der Rollen; Reduktionsfaktor.



Wir nehmen an, dass ohne Strom der Aufhängefaden um den Winkel ω gedrillt sei und der erste (stärkere) Magnet den Winkel $\vartheta = \vartheta_0 + \tau$ mit dem magnetischen Meridian mache. Die den ersten Magnet umgebende Rolle bezeichnen wir als die erste, die den zweiten umgebende als die zweite. Die Windungsebene der Rollen mache den Winkel δ mit dem magnetischen Meridian. Die die Rollen durchfliessenden Ströme rechnen wir positiv, wenn sie sich von Westen gesehen im Sinne der Uhrzeiger bewegen, und unterscheiden sie durch die Indices 1 und 2 je nach den Rollen

in denen sie fliessen. Ist C der für beide Rollen gleiche Reduktionsfaktor, so haben wir, wenn φ die Ablenkung des Magnetsystems durch die Ströme ist,

$$M_1 sin(\vartheta + \varphi) - M_2 sin(\vartheta + \gamma + \varphi) - \frac{T}{H}(\omega - \varphi)$$
$$= \frac{1}{C}\left(i_1 M_1 cos(\vartheta + \varphi - \delta) - i_2 M_2 cos(\vartheta + \varphi + \gamma - \delta).\right)$$

Da φ ein kleiner Winkel ist, können wir in erster Annäherung setzen

$$cos\varphi = 1 \quad sin\varphi = \varphi,$$

haben also

$$C\left(M_1 sin\vartheta - M_2 sin(\vartheta + \gamma) - \frac{T}{H}\omega\right) - i_1 M_1 cos(\vartheta - \delta)$$
$$+ i_2 M_2 cos(\vartheta + \gamma - \delta) + \left[\left(M_1 cos\vartheta - M_2 cos(\vartheta + \gamma) + \frac{T}{H}\right) C\right.$$
$$\left. + i_1 M_1 sin(\vartheta - \delta) - i_2 M_2 sin(\vartheta + \gamma - \delta)\right]\varphi = 0.$$

Mit Rücksicht auf die Gleichungen (1), (2) und (3) folgt daraus

$$(8) \quad \varphi = [(i_1 M_1(M_1 - M_2 cos\gamma) - i_2 M_2(M_1 cos\gamma - M_2)) cos(\tau - \delta)$$
$$- (i_1 - i_2) M_1 M_2 sin\gamma sin(\tau - \delta)] :$$
$$[CM^2(cos\tau + \Theta) + (i_1 M_1(M_1 - M_2 cos\gamma)$$
$$- i_2 M_2(M_1 cos\gamma - M_2)) sin(\tau - \delta) + (i_1 - i_2) M_1 M_2 sin\gamma cos(\tau - \delta)].$$

Lassen wir nun den gleichen Strom i in positivem Sinne durch beide Rollen laufen, so wird $i_1 = i_2 = i$ und die Gleichung (8) geht über in

$$(9) \qquad \varphi = i \frac{cos(\tau - \delta)}{C(cos\tau + \Theta) + i sin(\tau - \delta)}.$$

Lassen wir dagegen in der Weise, wie das Galvanometer gewöhnlich gebraucht wird, die eine Rolle, etwa die erste, in positivem Sinne und die andere von demselben Strome i

in negativem Sinne durchlaufen, so wird $i_1 = - i_2 = i$ und die Gleichung (8) wird

$$(10) \quad \varphi = i \frac{(M_1^2 - M_2^2)\cos(\tau - \delta) - 2 M_1 M_2 \sin\gamma \sin(\tau - \delta)}{CM^2(\cos\tau + \Theta) + i((M_1^2 - M_2^2)\sin(\tau - \delta) + 2 M_1 M_2 \sin\gamma \cos(\tau - \delta))}$$

Wenden wir in dem Falle der Gleichung (9) den Strom, sodass i in $- i$ übergeht, und bezeichnen den Ausschlag dann durch φ_2, während wir ihn bei positvem i durch φ_1 bezeichnen, so geben die beiden so erhaltenen Gleichungen

$$(11) \begin{cases} tg(\tau - \delta) = \dfrac{\varphi_1 + \varphi_2}{2 \varphi_1 \varphi_2} \\ C(\cos\tau + \Theta) = i \dfrac{\varphi_2 - \varphi_1}{2 \varphi_1 \varphi_2} \cos(\tau - \delta) = i \dfrac{\varphi_1 - \varphi_2}{\sqrt{(\varphi_1 + \varphi_2)^2 + 4 \varphi_1^2 \varphi_2^2}} \end{cases}$$

Sind aus (5) τ (das dort mit τ_0 bezeichnet ist) und aus (7) Θ bekannt, so können wir aus der ersten der Gleichungen (11) δ, den Winkel der Windungsebenen der Rollen mit dem magnetischen Meridian, und aus der zweiten C, den Reduktionsfaktor der Multiplikatoren bestimmen. — Hat man (5) und (6) dazu benutzt, den Aufhängefaden in der Ruhelage ungedrillt zu machen und dreht man die Rollen um den jetzt bestimmten Winkel δ, so sind τ und δ Null, und die für gleichläufige Ströme gültige Gleichung (9) wird

$$(9a) \qquad \varphi = \frac{i}{C(1 + \Theta)}.$$

Das ist eine Gleichung von ganz derselben Form, wie sie für den einzelnen Magnet (etwa M_1) in einer Rolle gilt. Der Ausschlag würde auch in beiden Fällen der gleiche sein, wenn nicht Θ verschieden wäre. Das ist im Fall des einzelnen Magnets $\frac{T}{M_1 H}$, in unserem aber $\frac{T}{MH}$ und wenn $\gamma = 0$ ist, $\frac{T}{(M_1 - M_2) H}$, also grösser, folglich der Ausschlag kleiner als in jenem Fall.

Richtung der Magnete; ihre Momente.

Setzen wir in Gleichung (10) ebenfalls τ und δ gleich Null, so geht sie über in

$$(10a) \qquad \varphi = i \frac{M_1^2 - M_2^2}{CM^2(1+\Theta) + 2\,i\,M_1 M_2 \sin\gamma}.$$

Wäre auch $\gamma = 0$, so würde die Gleichung übergehen in

$$(10a) \qquad \varphi = \frac{i}{C(1+\Theta)} \frac{M_1 + M_2}{M_1 - M_2}$$

woraus im Vergleich mit (9a) die Vergrösserung des Ausschlags sich ergibt.

In dem allgemeineren Fall, dass γ von Null verschieden ist, wollen wir für die Verhältnisse der Gleichung (10a) den Ausschlag durch φ_1 und bei Stromwendung durch φ_2 bezeichnen. Dann ergibt sich

$$(12) \quad \begin{cases} 2\,M_1 M_2 \sin\gamma = \dfrac{\varphi_1 + \varphi_2}{i(\varphi_2 - \varphi_1)} CM^2(1+\Theta) \\ M_1^2 - M_2^2 = \dfrac{2\,\varphi_1\,\varphi_2}{i(\varphi_2 - \varphi_1)} CM^2(1+\Theta) \end{cases}$$

Wir wollen nun den Strom blos um den ersten Magnet, durch den ersten Multiplikator leiten. Dann ist also $i_2 = 0$ und wenn wir auch jetzt $\tau = 0$ und $\delta = 0$ gemacht annehmen, so geht aus (8) hervor:

$$(13) \qquad \varphi = i \frac{M_1(M_1 - M_2 \cos\gamma)}{CM^2(1+\Theta) + i\,M_1 M_2 \sin\gamma}.$$

Setzen wir die aus der ersten der Gleichungen (12) bekannte Grösse

$$\frac{M_1 M_2 \sin\gamma}{M^2} = B$$

so folgt aus (13) und nach Gleichung (3)

$$(14) \qquad \frac{i}{\varphi} \cdot \frac{B}{C(1+\Theta) + i\,B} = \frac{M_2 \sin\gamma}{M_1 - M_2 \cos\gamma} = tg\,\vartheta_0.$$

Wenn wir dagegen den Strom blos um den zweiten Magnet leiten, also $i_1 = 0$ setzten, so folgt aus (8)

$$(15) \qquad \varphi = i \frac{M_2 (M_1 \cos\gamma - M_2)}{i M_1 M_2 \sin\gamma - CM^2 (1 + \Theta)}$$

und daraus und aus Gleichung (3)

$$(16) \qquad \frac{i}{\varphi} \cdot \frac{B}{i B - C(1 + \Theta)} = \frac{M_1 \sin\gamma}{M_1 \cos\gamma - M_2} = tg\,(\vartheta_0 + \gamma).$$

Die Gleichungen (14) und (16) bestimmen ϑ_0, den Winkel, welchen die Achse des stärkeren Magnets mit dem magnetischen Meridian bildet, und γ, den spitzen Winkel zwischen beiden Achsen.

Der Bedeutung von B gemäss ist $\frac{B}{tg\gamma} M^2 = M_1 M_2 \cos\gamma$, also $\left(1 + 2\frac{B}{tg\gamma}\right) M^2 = M_1{}^2 + M_2{}^2$. Setzen wir

$$1 + 2\frac{B}{tg\gamma} = 2A_1$$

und in der zweiten der Gleichungen (12)

$$\frac{\varphi_1 \varphi_2}{i(\varphi_2 - \varphi_1)} C(1 + \Theta) = A_2$$

so ergibt sich

$$(17) \qquad M_1{}^2 = (A_1 + A_2) M^2 \text{ und } M_2{}^2 = (A_1 - A_2) M^2.$$

Das magnetische Moment M des Magnetsystems ist in bekannter Weise durch Schwingungsversuche zu ermitteln, wobei man allerdings die Rollen, des stark dämpfenden Einflusses wegen, den ihr kupferner Kern ausübt, entfernen muss. Die Gleichungen (17) dienen dann zur Bestimmung der Momente der einzelnen Magnete.

Die oben vorausgesetzte Gleichheit der Reduktionsfaktoren der beiden Multiplikatoren kann übrigens mittelst der Gleichungen (13) und (15) geprüft werden. Das in (13)

vorkommende C ist das auf den ersten Multiplikator bezügliche C_1, das in (15) vorkommende C_2; wendet man nun in beiden Fällen den Strom, so erhält man je zwei Gleichungen, aus denen man das Verhältnis von C_1 zu C_2 ableiten kann. Weicht es von 1 ab, so muss das bei der Aufstellung der Gleichung (8) und den Folgerungen aus ihr berücksichtigt werden.

Schreiben wir nämlich in leicht verständlicher Abkürzung die Gleichung (13) $\varphi_1 = i\frac{a_1}{c_1 + ib}$ und für gewendeten Strom

$$\varphi_2 = -i\frac{a_1}{c_1 - ib},$$

so folgt

$$\varphi_1(c_1 + ib) = ia_1 \text{ und } \varphi_2(c_1 - ib) = -ia_1$$

und daraus
$$c_1 = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\varphi_1 + \varphi_2} ib.$$

Lassen wir denselben Strom die Rollen des zweiten Magnets durchlaufen, so erhalten wir entsprechend aus Gleichung (15)

$$\varphi_3 = i\frac{a_2}{ib - c_2} \text{ und } \varphi_4 = i\frac{a_2}{ib + c_2},$$

also:
$$c_2 = \frac{\varphi_3 - \varphi_4}{\varphi_3 + \varphi_4} ib.$$

Da nun
$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{C_1}{C_2},$$
so haben wir

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\varphi_3 - \varphi_4} \cdot \frac{\varphi_3 + \varphi_4}{\varphi_1 + \varphi_2}.$$

In der anschliessenden Wahlsitzung wurde zum ausserordentlichen Mitgliede gewählt Herr Prof. Dr. Schwenkenbecher, Leiter der medicinischen Poliklinik.

Neu aufgelegte Schriften:

16. Jahresbericht des Naturwissenschaftl. Vereins zu Osnabrück f. d. Jahre 1903—1906. Osnabrück 1907.

Verhandlungen des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg. 49. Jahrg. 1907. Berlin 1908.

Bericht des naturwissenschaftlichen Vereins zu Zerbst v. Mai 1902 bis Ende 1907. Zerbst 1908.

Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturw. Gesellsch. Isis 1907. Juli bis Dezember. Dresden 1908.

Verhandlungen des Naturwissenschaftl. Vereins in Karlsruhe. 20. Bd. 1906—1907. Karlsruhe 1908.

18. Bericht d. Naturwissensch. Vereins Landshut (Bayern) üb. d. Jahre 1904—1906. Landshut 1907.

Verhandlungen der Ornithologischen Gesellschaft in Bayern 1906. Bd.VII. München 1907.

25. Bericht der meteorologischen Commission d. naturf. Vereins in Brünn 1905. Brünn 1907.

Ergebnisse der phaenologischen Beobachtungen aus Mähren u. Schlesien 1905. Brünn 1907.

Verhandlungen des naturforschenden Vereins in Brünn. 45. Bd. 1906. Brünn 1907.

Verhandlungen der K. K. Geolog. Reichsanstalt 1907. Nr. 15, 16, 17 u. 18. Wien 1907. 1908, Nr. 1.

Arbeiten d. Naturforscher-Vereins zu Riga. N. Folge. 11. Heft. Riga 1908.

Jahresbericht des Geolog. Museums „Peter d. Grosse“ an der Kais. Akad. d. Wissensch. für 1904 u. 1905. St. Petersburg 1905, 1906.

Arbeiten des Geolog. Museums „Peter d. Grosse“ an der Kais. Akad. d. Wissensch. Bd. I. 1907. Nr. 1—5. St. Petersburg 1907.

Bulletin de l'Academie Imp. des Sciences de St. Pétersbourg. VI. Sér. Nr. 4, 5, 6, 7. St. Pétersbourg.

Archives du Musée Teyler. Sér. II, Vol. XI, 2e partie. Haarlem 1908.

Rendiconto dell' accademia delle scienze fisiche e matematiche. Ser. 3a. Vol. XIII. Fasc. 11, 12. Napoli 1907.

Atti della Reale Accademia dei Lincei 1908. Vol. XVII. Fasc. 5, 6, 7. Roma 1908.

Bulletin of the Wisconsin Natural History Society Vol. 5. Dec. 1907. Nr. 4. Milwaukee Wis.

University Studies. Vol. VII. Oct. 1907. Nr. 4. Lincoln Nebr.

Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society. Vol. XXIII. Dec. 1907. Nr. 4. Chapel Hill N. C.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 5 | Juni | 1908

In der ordentlichen Sitzung vom 16. Juni sprach Herr Disse

Über die Bildung des Knochengewebes.

Das Knochengewebe tritt als eine Neubildung auf, die in bindegewebiger Grundlage oder innerhalb von Knorpelstücken gefunden wird. Bei der Knochenbildung in Membranen wird das Bindegewebe durch den neugebildeten Knochen verdrängt; bei der Knochenbildung im Knorpel ist der Vorgang komplizierter. Der Knorpel schmilzt ein; es entsteht eine Höhle, der Markraum, in die von den Wänden her Reste des Knorpels in Form von Balken und Platten hineinragen. Auf diese Knorpelreste wird das neu entstehende Knochengewebe abgelagert, während durch weitergehende Einschmelzung des Knorpels der Markraum sich vergrössert. Infolgedessen gehen Einschmelzung des Knorpels, Neubildung von Knochen gleichzeitig, in unmittelbarer Nachbarschaft vor sich; der innerhalb eines Markraums gebildete Knochen hat die Form eines aus feinen Balken gebildeten Netzwerks, in dessen Balken vielfach Knorpelreste eingeschlossen sind. Der in Membranen gebildete Knochen tritt in Form länglicher Nadeln auf, die miteinander vielfach sich verbinden; sie zeigen keinerlei Einschlüsse.

Nun treten, nach Gegenbaur's Entdeckung, an allen Orten, an welchen Knochen entstehen, eigenartige, gut charakterisierte Zellen auf, die Osteoblasten. Sie legen sich auf die Knorpelbalken in den Markräumen, sowie auf die dort entstandenen Knochenpartieen auf, umkleiden sie nach Art eines Epithels und sind gleichfalls bei der Knochenbildung in Membranen, als Belag der Knochenbalken nachweisbar. Es gibt keine Knochenbildung ohne Osteoblasten. Nach dem Vorgange von Gegenbaur, dem sich alsbald Waldeyer anschloss, wurde allgemein gelehrt, dass von Seiten der Osteoblasten das Knochengewebe gebildet wird. Es wurde aufgefasst als eine „Grundsubstanz" in der damals noch keine Struktur nachweisbar war; die Bildung dieser Grundsubstanz des Knochengewebes erfolgt durch eine eigene Art von Zellen, die deshalb als „Osteoblasten" bezeichnet werden. Über die Frage aber, in welcher Weise die Osteoblasten das Knochengewebe produzieren, war keine Übereinstimmung zu erzielen. Gegenbaur betonte, dass man niemals einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen den Osteoblasten und dem jungen Knochengewebe finden könne; ebensowenig sei eine Änderung der Grösse der Osteoblasten während der Knochenbildung zu konstatieren. Wenn also dennoch die Bildung des Knochens von Seiten der Osteoblasten bewirkt wird, so kann dies nur durch einen Sekretionsprozess geschehen. Die Osteoblasten scheiden ein, wohl flüssig zu denkendes, Sekret aus, das erhärtet und zur Grundsubstanz des Knochens wird. Die durch das erhärtende Sekret eingeschlossenen Osteoblasten werden zu Knochenzellen.

Dem gegenüber trat Waldeyer dafür ein, dass das Knochengewebe umgewandeltes Protoplasma der Osteoblasten sei. Die Osteoblasten sondern sich in eine hellere Aussenzone und eine dunklere, protoplasmatische Innenzone, die den Kern enthält; aus der helleren, homogenen Aussenzone wird die Grundsubstanz des Knochengewebes, die sich von dem kernhaltigen Rest des Osteoblasten abtrennt.

Ein Teil der Osteoblasten wird ganz und gar zu Knochensubstanz.

Diese Angaben von Waldeyer drangen nicht durch; die späteren Beobachter konnten sich von der Umwandlung der Osteoblasten in Knochensubstanz nicht überzeugen, und teilten den Standpunkt von Gegenbaur. Noch 1902 erklärte Flemming, dass es wohl nicht möglich sei, den Vorgang der Entstehung des Knochengewebes direkt zu beobachten, sodass man am besten täte auf eine Entscheidung dieser Frage Verzicht zu leisten. Es ist also erklärlich, dass in neuester Zeit von einem Untersucher die Beteiligung der Osteoblasten an der Knochenbildung überhaupt in Abrede gestellt werden konnte.

Nun ist es in Wirklichkeit nicht unmöglich, die Knochenbildung von Seiten der Osteoblasten direkt zu beobachten. Es gehören nur geeignete, gut konservierte Objekte und wirklich feine Schnitte dazu. Am günstigsten sind menschliche Embryonen der früheren Zeit; ich habe die Knochenbildung in Membranen an den Gesichtsknochen eines Embryo von 25 mm Länge untersucht und die enchondrale Knochenbildung an der Tibia eines Embryo aus dem 4. Monat verfolgt. Die Embryonen waren in Formol-Alkohol fixiert; die Knochen wurden in 10 % Kochsalzlösung mit Zusatz von 2% Salzsäure entkalkt in Haemalaun durchgefärbt, und in Schnitte von 5 μ Dicke zerlegt. Auf dem Objektträger färbt man eine Minute in folgender Lösung:

Rubin S 1,0; Orange 0,5; Alkohol 95 % 90,0; Glycerin 10,0. Es wird in starkem Alkohol (95 %) differenziert, entwässert und in Ol. Origani aufgehellt.

Für die Knochensubstanz im Knorpel, wie für die in Membranen ergibt sich, wie zu erwarten war, die gleiche Entstehungsweise. Vom Knochengewebe entsteht zuerst die Grundsubstanz; später erst treten in dieser fädige Differenzierungen auf. Die Grundsubstanz ist ein Produkt

der Osteoblasten; sie ist umgewandeltes Protoplosma, kein Sekret.

Die einzelnen Stadien der Bildung der Grundsubstanz durch die Osteoblasten sind folgende:

1) Die Osteoblasten zerfallen in eine helle, hyaline und eine dunkle, protoplasmatische Abteilung; die protoplasmatische Abteilung umschliesst den Kern, der gewöhnlich den einen Pol der Zelle einnimmt.

An dem dem Kern gegenüberliegenden Pol wird das Protoplasma der Osteoblasten, die die Form länglicher Prismen haben, ganz homogen, hell und verbreitert sich etwas; der helle Abschnitt erscheint glasartig, ist ganz durchsichtig, und unterscheidet sich von einer leeren Stelle eines Markraums nur durch seine stärkere Lichtbrechung, sodass man die Ränder gut wahrnehmen kann. Dieser hyaline Abschnitt tritt meistens nur an wenigen Osteoblasten zugleich auf; er nimmt immer, bei enchondraler Knochenbildung, dasjenige Ende der Zelle ein, das einem Knorpelbälkchen oder einer Lage jungen Knochens zugekehrt ist. Man findet derartig veränderte Osteoblasten am häufigsten nahe dem Ende eines Markraums, wo der Knorpel einschmilzt und nur einzelne Knorpelbalken erhalten bleiben. Fig. 1 zeigt das Nähere.

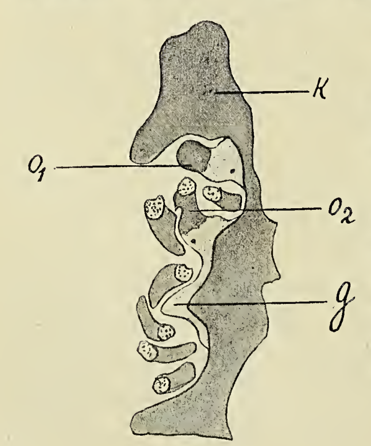


Fig. 1. Mensch, Embryo des vierten Monats, Tibia, Längsschnitt. Zeiss, Apochromat 2 mm, homogene Imm., Comp. Ocular 6. *K* Knorpelbalken; O_1 O_2 Osteoblasten, in einen protoplasmatischen und einen hyalinen Abschnitt getrennt; *g* Grundsubstanz des Knochengewebes, durch Zusammenfliessen hyaliner Abschnitte von Osteoblasten entstanden, aber von den produzierenden Zellen bereits getrennt.

Dem Knorpelbälkchen *K* liegt eine Anzahl von Osteoblasten auf; zwei von diesen, O_1 und O_2, sind in einen protoplasmatischen und einen hyalinen Abschnitt gesondert. Der etwas verbreiterte hyaline Abschnitt hat sich auf die Oberfläche des Knorpelbälkchens aufgelagert. An den hyalinen Abschnitt des Osteoblasten O_2 schliesst sich ohne Grenze die gleichfalls hyaline Masse *g* an, und schiebt sich, entlang dem Knorpel sich ausbreitend, zwischen diesen und einige Osteoblasten ein, welche nur aus dem protoplasmatischen Abschnitt bestehen. Diese Masse *g* ist offenbar auch aus Osteoblasten hervorgegangen; sie muss sich von diesen getrennt haben, hat sich dafür aber mit dem hyalinen Abschnitt des Osteoblasten O_2 in Verbindung gesetzt. Aus der Lagerung dieser Masse *g* folgt ohne weiteres, dass sie zu Knochensubstanz werden muss. Nach Innen von ihr liegt der Knorpelbalken, nach Aussen eine Reihe von Osteoblasten; in dieser Anordnung finden wir das Knochengewebe innerhalb des Markraums ständig vor. Wir dürfen schon aus dem Befunde, den Fig. 1 wiedergibt, folgern, dass die hyalinen Abschnitte der Osteoblasten sich von den protoplasmatischen abtrennen und lediglich mit den Knorpelresten in dauernde Verbindung treten. Diese Folgerung erhält eine gewichtige Stütze durch das in Fig. 2 abgebildete Verhalten.

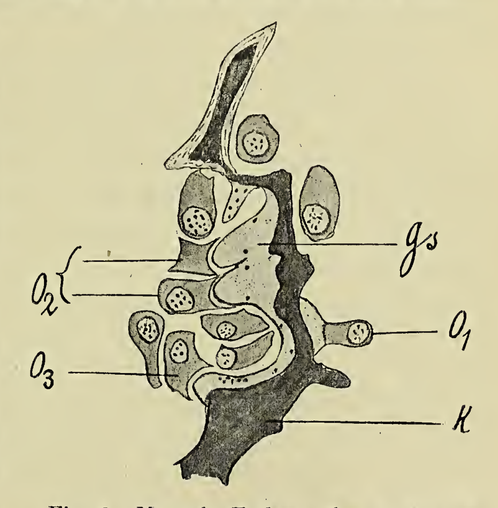


Fig. 2. Mensch, Embryo des 4. Monats, Tibia, Längsschnitt Vergr. wie in Fig. 1. *K* Knorpel; O_1 Osteoblast. in protoplasmatischen und hyalinen Abschnitt gesondert; O_2 protoplasmatische Abschnitte von Osteoblasten, die von den zugehörigen hyalinen Abschnitten *gs* durch feine Spalten getrennt sind.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die hyaline, ungleich dicke Masse *gs*, die dem Knorpelbälkchen *k* aufliegt, zu den Osteoblasten O_2 ursprünglich gehört. Sie besteht aus zwei kegelförmigen Stücken, die der Spitze entsprechend noch frei sind, während die Basen verschmolzen erscheinen; jeder Kegel ist der hyaline Abschnitt eines Osteoblasten, hat sich aber von diesem abgetrennt. Die an beide Kegel sich anschliessende, dünnere Abteilung der hyalinen Substanz kleidet die Konkavität des Knorpelbalkens *K* aus; ihr etwas verdicktes Ende liegt gleichfalls in der Konkavität eines rein protoplasmatischen Osteoblasten O_3. Auf der konvexen Seite des Knorpels liegt der Osteoblast O_1, an dem der hyaline Abschnitt ausgebildet ist und noch mit dem protoplasmatischen in Verbindung steht.

Wir haben also ein Recht, aus den geschilderten Befunden den folgenden Satz abzuleiten:

2) Die hyalinen Abschnitte der Osteoblasten trennen sich von den protoplasmatischen, fliessen zu gleichartigen hellen Massen zusammen und überziehen die Knorpelreste, die in den Markräumen befindlich sind. Dann werden die Osteoblasten nur durch die protoplasmatischen Abschnitte repräsentiert.

Bisher ist dieses Verhalten der Osteoblasten, die Ausbildung eines hyalinen Abschnitts, dessen Auflagerung auf die Knorpelreste, und die schliessliche Trennung der hyalinen Abschnitte von den protoplasmatischen, von allen Beobachtern übersehen worden, mit Ausnahme von Waldeyer. Waldeyer hat schon 1865 geschildert, dass die Osteoblasten in eine helle Aussenzone und eine protoplasmatische Innenzone zerfallen; aus der Aussenzone soll, wie er angibt die Grundsubstanz des Knochengewebes werden. Heute können wir, die wir über eine vollkommenere Technik und leistungsfähigere Mikroskope verfügen, die Schilderung Waldeyers bestätigen und vervollständigen. Der Ausdruck „Aussenzone“ ist etwas unbestimmt; er könnte zu der Annahme verleiten, es sei eine Mantelschicht gemeint, die die Zelle allseitig

umgibt. Das ist nicht der Fall; die helle Zone nimmt die eine Hälfte der Zelle ein, die dunkle nebst dem Kern die andere. Auch steht der Kern endständig, was von den früheren Beobachtern nicht erwähnt wird. Wie die „Aussenzone“ zur Grundsubstanz sich umwandelt, hat Waldeyer nicht im Einzelnen verfolgt; heute ist das möglich und man kann den ursprünglichen Zusammenhang mit den Osteoblasten, sowie die Trennung von derselben, sodass nur der Protoplasma-Abschnitt nebst dem Kern zurückbleibt, deutlich nachweisen.

Die Deutung des hellen, hyalinen Abschnittes der Osteoblasten kann nur im Sinne von Waldeyer erfolgen; es entsteht der fragliche Abschnitt durch eine Umwandlung des Protoplasma. Es ist kein Sekret, sondern ein Stück des Zellenleibes selbst.

3) Der aus den Osteoblasten hervorgegangene, hyaline Überzug der Knorpelbälkchen wird zur Grundsubstanz des Knochens; in dieser erst bildet sich eine fasrige Struktur aus. Die Grundsubstanz des Knochengewebes ist also „umgewandeltes Protoplasma“ der Osteoblasten.

Innerhalb der hyalinen Substanz treten, sobald sie auf dem Knorpel abgelagert ist, Körner auf, die sich in Rubin S lebhaft färben; man kann sie also nicht mit körnigen Resten zerfallenden Knorpels verwechseln, die gleichfalls zuweilen in der hyalinen Substanz gefunden werden. Denn die Knorpelreste färben sich bei dem von mir angewendeten Verfahren blau. Die Zahl der Körner nimmt zu, besonders wenn die hyaline Substanz von den Osteoblasten sich getrennt hat; die Körner liegen oft in kleinen Gruppen beisammen. Neben ihnen treten nun feine Fäden auf; zuerst einzeln, dann zahlreicher. Sie kreuzen einander vielfach, scheinen auch Netze zu bilden. Diese fasrigen Differenzierungen entstehen lediglich in der Grundsubstanz; sie haben niemals Zusammenhang mit den protoplasmatischen Resten der Osteoblasten. Es wird die Anzahl der Fasern rasch eine sehr beträchtliche; sie haben keine vorherrschende Richtung, sondern verlaufen

in den verschiedensten Dimensionen. Alle diese Fasern sind a) isotrop; b) geben sie noch keinen Leim, und dürfen also nicht als „collagene Fasern“ bezeichnet werden. So lange das jüngste Knochengewebe nicht verkalkt ist, färbt es sich rot; war es verkalkt, so nimmt es die Orangefärbung an und nur die Wandungen der Knochenhöhlen bleiben rot gefärbt.

Es wird verständlich, weshalb man niemals einen Zusammenhang zwischen dem jüngsten Knochengewebe und den Osteoblasten findet, trotzdem das Knochengewebe lediglich von den Osteoblasten produziert wird. Die Grundsubstanz des Knochengewebes, die zuerst da ist, steht eben nur eine kurze Zeit lang in Verbindung mit den Osteoblasten; so lange sie einen Abschnitt der Osteoblasten ausmacht, ist sie glasartig durchsichtig, nicht färbbar, und hat sich bisher dem Blick entzogen. Die Tatsache, dass die Osteoblasten bei der Bildung des Knochengewebes eine Umwandlung durchmachen, indem sie einen hyalinen Abschnitt ausbilden, und dass sie sich alsbald wieder von diesem Abschnitt trennen, ist nicht bekannt geworden; man hat die protoplasmatischen Abschnitte der Osteoblasten für die ganzen Osteoblasten genommen und dadurch ist die Annahme gefördert worden, dass eine direkte Beteiligung der Osteoblasten an der Bildung des Knochengewebes nicht vorkomme.

b. Knochenbildung in Membranen.

Bei der Knochenbildung in bindegewebiger Grundlage gibt es keine Strukturelemente, auf die sich die Grundsubstanz des Knochens nach Trennung von den Osteoblasten ablagern könnte. Sie muss sich in das vorhandene Gewebe einlagern; und da dieses, ebenso wie die Grundsubstanz des Knochengewebes, ganz hell ist, so hat es seine Schwierigkeiten, die erste Entstehung eines Knochenbälkchens in weicher Grundlage zu sehen. Leichter ist es, den Nachweis zu erbringen, dass das Längenwachstum und das Dickenwachstum eines Knochenbälkchens durch Anlagerung von Grundsubstanz erfolgt, welche von Osteoblasten gebildet wird, genau wie bei

der enchondralen Knochenbildung. Diese Verhältnisse zeigt Fig. 3.

Hier liegen 3 Osteoblasten *Obl* frei in einiger Entfernung vom Ende eines Knochenbälkchens *Kn*. An jedem Osteoblasten ist ein protoplasmatischer und ein hyaliner Abschnitt zu erkennen; indessen sind die hyalinen Abschnitte verbreitert und miteinander verbunden. (O_1) Diese Masse ist neugebildete Grundsubstanz; sie wird zu Knochengewebe. Das folgt schon aus der beginnenden Differenzierung; stark rot gefärbte Körnchen treten auf, ferner einige Faserzüge; die gleiche Veränderung also, die sich auf den Knorpelbälkchen innerhalb der Markräume zeigt. Diese ganze Grundsubstanz steht durch dünne Bälkchen *B, B,* mit dem Knochenbalken in Verbindung; es bleibt eine grössere Lücke bestehen, die von zwei Osteoblasten eingenommen wird. Es wächst also in diesem Falle das Knochenbälkchen *Kn* durch Anlagerung junger Knochengrundsubstanz, die ausserhalb seines Bereiches, im embryonalen Bindegewebe der Umgebung, entstanden ist. Nachweislich entsteht diese Grundsubstanz aus Osteoblasten. Die Art der Anlagerung erklärt, weshalb der in membranöser Grundlage entstehende Knochen ein Geflecht mit weiten Lücken darstellt.

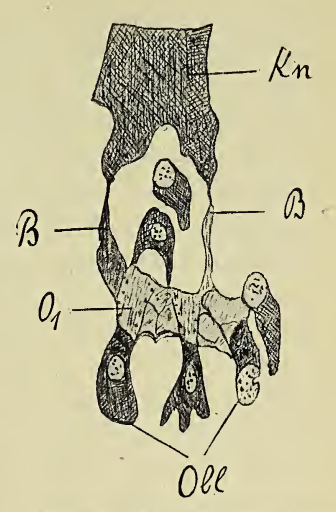


Fig. 3. Mensch, Embryo des 2. Monats. Ende eines Knochenbälkchens aus der Anlage der Gesichtsknochen. *Kn* Knochenbälkchen; *Obl* drei Osteoblasten deren jeder einen hyalinen Abschnitt entwickelt hat; diese Abschnitte bilden, zusammenfliessend, eine helle Masse O_1, die durch die Bälkchen *B*, *B*, mit dem Knochen *K* in Verbindung steht. Zeiss, Apochromat 2 mm, homogene Immersion, Comp. Ocular 6.

Wenn man bei solchen Knochenbälkchen die Lücken sorgfältig mit starken Systemen — homogene Immersion — untersucht, so findet man neben Osteoblasten noch helle,

durchscheinende Massen vor, die in vielen Lücken nachweisbar sind. In einigen Fällen konnte ich sehen, dass diese hellen Massen mit dem dunklen Protoplasma der Osteoblasten in Verbindung standen; es handelt sich um hyaline Abschnitte von Osteoblasten, die der Oberfläche des Knochens aufliegen und in die Lücken ebenfalls eindringen. Eine Wiedergabe derartiger Befunde ist nur durch farbige Abbildungen möglich, die ich an anderem Orte beibringen werde. Bei der Durchsichtigkeit dieser Massen ist es nicht leicht, sie zu sehen; hat man sie aber einmal gefunden, so sieht man sie vielfach; es machte den Herren, denen ich bisher meine Präparate demonstriert habe, keine Schwierigkeit, diese hellen, hyalinen Massen neben den Osteoblasten zu erkennen. Es lagert sich also durch Osteoblasten gebildete Grundsubstanz auf die Oberfläche des jungen Knochens innerhalb von Membranen an vielen Stellen ab und legt sich besonders auch an die Wände der Lücken, die sich zwischen den Knochenbälkchen finden. Durch Umwandlung in Knochengewebe bewirkt sie Verdickung der Bälkchen und Verengerung der Lücken zwischen ihnen, ohne dass der geflechtartige Charakter des Knochens geändert würde.

Wir haben bei der Entstehung des Knochengewebes einen Schulfall für die Erläuterung der Entstehungsweise von den Geweben der Bindesubstanzen überhaupt. Das, was zuerst gebildet wird, ist die Grundsubstanz; die Fasern, die später leimgebend oder elastisch sind, entstehen erst, wenn die Grundsubstanz bereits deutlich ist. Nun ist diese Grundsubstanz aber kein Sekret; sie ist in bestimmter Weise umgewandeltes Protoplasma. Diesen Satz hat Max Schultze immer vertreten; er hat die Beobachtungen, die ihn zur Aufstellung dieser Lehre veranlassten, nirgends eingehend mitgeteilt, es ist aber wohl wahrscheinlich, dass er über Beobachtungen verfügte, die ihn zur Formulierung seiner These berechtigten.

Die Grundsubstanz ist nur eine Zeitlang mit den Zellen in Verbindung von denen sie gebildet wird. Die Differenzierungen in ihr können schon auftreten, wenn der Zusammenhang mit dem protoplasmatisch bleibenden Zellenabschnitt noch besteht, sie können aber auch erst deutlich werden, wenn sich die Trennung der Grundsubstanz von diesem Zellenabschnitt bereits vollzogen hat. Im ersten Falle könnte man sagen, dass die fasrigen Bildungen innerhalb der Zellen entstanden wären; im zweiten Falle aber, dass sie unabhängig von Zellen sich ausbilden. Eine derartige Darstellung trifft nicht das Wesentliche. In dem einen wie in dem anderen Falle entstehen die Strukturen, die sich in den Geweben der Bindesubstanzgruppe vorfinden, innerhalb eines in bestimmter Weise veränderten Abschnitts des Zellprotoplasma; ob dieser Abschnitt zur Zeit der Entstehung noch mit einer Zelle zusammenhängt, oder nicht, das ist weniger wichtig.

Eine ausführliche, durch eine grössere Anzahl von Abbildungen erläuterte Darstellung ist abgeschlossen; ihre Veröffentlichung wird sobald als möglich ist, erfolgen.

Weiter sprach Herr F. Herrmann (als Gast) über:

Wichtige neue Fossilfunde bei Marburg.

Im Mai dieses Jahres gelang es mir, gelegentlich einer mit Herrn Prof. Kayser unternommenen Exkursion unweit der Damm-Mühle bei Marburg in Schichten, die bis dahin ungewissen Alters waren, Graptolithen zu finden.

Bereits im Jahre vorher war unsere Aufmerksamkeit auf diese Stelle gelenkt worden durch Funde von Orthoceren, die Herr Oberlehrer Dr. Burhenne dort gemacht hatte.

Schon im Jahre 1896 waren im Kellerwalde am Steinhorn bei Schönau von A. Denckmann Graptolithen gefunden worden, in Schichten, die man bis dahin als devonisch oder sogar kulmisch gedeutet hatte. Durch diese, ausschliesslich für die silurische Formation leitenden Versteinerungen hatte er zum erstenmale Silur im rheinischen Schiefergebirge festgestellt.

Seine Entdeckung hatte jedoch nicht nur für den Kellerwald Geltung, sondern sie konnte auch auf ein mehrere Kilometer breites Band von Gesteinen angewendet werden, die vom Westerwald in nordöstlicher Richtung bis an die Frankenberger Bucht in die Gegend von Wetter sich erstrecken und ihre Fortsetzung nach einer grösseren Unterbrechung eben in jenen Gesteinen im Kellerwald finden, die zuerst die beweisenden silurischen Versteinerungen geliefert haben.

Bereits damals begann man, in diesen Schichten westlich von Marburg nach Silurfossilien zu suchen, jedoch ohne Erfolg. Gleichwohl konnten die fraglichen Gesteine lediglich auf Grund ihrer petrographischen Übereinstimmung mit denen des Kellerwaldes sowie eben solchen des Harzes, in denen schon 1850 von A. Römer silurische Versteinerungen nachgewiesen worden waren, bei der geologischen Aufnahme von

E. Kayser als Silur kartiert werden.[1]) Es ist das ein Beweis dafür, wie auch ohne leitende Versteinerungen gut gekennzeichnete Gesteine einen Schluss auf ihre Gleichalterigkeit zulassen, zumal wenn sie über weite Strecken ziemlich unverändert aushalten, wie dies unsere Silurschichten tun, die vom Westerwald bis in die Magdeburger Gegend verfolgt werden konnten.

Die bei der Damm-Mühle gefundenen Graptolithen stammen aus entkalkten und verkieselten Kalkknollen, die als Einlagerungen in einem äusserst milden, bröckligen rötlichen Schiefer auftreten; neben den Graptolithen fanden sich noch Orthoceren, Paläoconchen und Tentaculiten. Wie im Harz und im Kellerwald gehören die fraglichen Graptolithen zu den für das Obersilur leitenden einzeiligen Monograptiden. Die Schichten entsprechen demnach etwa den Etagen E_2 bis F_1 Barrandes in Böhmen.

Näheres über den Horizont, in dem die Versteinerungen von der Damm-Mühle sich finden, sowie über die Versteinerungen selbst lässt sich erst feststellen, wenn es gelungen sein wird, in diesen äusserst fossilarmen Schichten grössere Aufsammlungen zu machen. Bis jetzt bilden die Funde nur eine allerdings sehr willkommene Bestätigung einer bereits seit Jahren herrschenden Anschauung vom Alter der fraglichen Schichten.

---

1) Vergl. die Erläuterungen zu den Blättern Herborn, Ballersbach und Ober-Scheld der preuss. geologischen Landesaufnahme.

Sodann sprach Herr K. Stuchtey (als Gast) über:

Eine Verbesserung am Aluminiumblattelektroskop nach Elster und Geitel[1]) von Ernst Hochheim.

Bei einer grossen Anzahl von Messungen, die Herr Hochheim im hiesigen Physikalischen Institut mit dem Elektrometer nach Elster und Geitel vornahm, bemerkte er, dass der positive und negative Pol einer konstanten Batterie niemals den gleichen Ausschlag der Blättchen bewirkte. Diese Abweichung von der Eichtabelle war besonders stark, wenn die in der Nähe des Bodens des Instrumentes als Staubschutz angebrachte Bernsteinplatte von Sonnenstrahlen getroffen, oder mittels Haarpinsels abgestäubt worden war. Die Differenz der scheinbar gemessenen Potentiale war oft 30 Volt und zeigte sich für verschiedene Potentialhöhen verschieden.

Offenbar hatten die beiden Bernsteinplatten, oder wenigstens eine von ihnen eine starke Ladung angenommen, deren Feld die beweglichen Blättchen beeinflusste, und dadurch die Messung störte. Denn beim Wechsel des Ladungsvorzeichens kehrte sich die des Bernsteins nicht mit um. Es gelang nun dadurch, dass die Staubschutzplatte aus Bernstein durch eine solche aus Metall ersetzt wurde, die Blättchen gegen das Feld der unteren, den Boden bildenden Bernsteinplatte abzuschirmen und obige Störung vollständig zu beseitigen.

Gleichzeitig wird dadurch ein weiterer Fehler[2]) des sonst vorzüglichen Instrumentes beseitigt, der sich beim Messen der Spannung von Wechselströmen herausstellte und ebenfalls dadurch verursacht ist, dass die Staubschutz-Bernsteinplatte an den Kraftlinien des Feldes der geladenen Blättchen getroffen wird.

1) Elster u. Geitel, Phys. Ztschr. 1, pag. 11, 1899/1900.
2) H. Fischer, Phys. Ztschr. 7, pag. 376, 1907.

In der Sitzung vom 10. März sprach Herr Hermann Wolff:

Ueber das Wärmetheorem von Nernst.

In den Göttinger Nachrichten 1906 S. 1 ff. beschäftigt sich Nernst mit der „Berechnung chemischer Gleichgewichte aus thermischen Messungen". Er bemerkt, dass nach der van't Hoffschen Gleichung

$$(1.) \quad \frac{d \ln K}{dT} = -\frac{Q}{RT^2}$$

die Gleichgewichtskonstante K der homogenen Phase als Funktion der Temperatur T bekannt ist, sobald durch thermische Messungen die Reaktionswärme Q der gasförmigen Stoffe als Funktion von T ermittelt ist. Dabei bleibt aber noch die Frage nach dem Werte der Konstanten der integrierten Gleichung 1.), also nach dem Anfangswerte der Funktion $K = F(T)$ offen. Die Antwort hierauf erteilt Nernst durch Einführung der Annahme

$$(I.) \quad \left(\frac{dA}{dT}\right)_{T=0} = \left(\frac{dU}{dT}\right)_{T=0}$$

für den Fall, dass es sich um eine Reaktion zwischen lauter kondensierten Stoffen handelt.

Die Nernstschen Annahmen scheinen mir zu genügen, um zu weiteren Resultaten zu gelangen.

Jüttner hat darauf aufmerksam gemacht[1]), dass die Gültigkeit des Koppschen Gesetzes

$$(3.) \quad \ldots\ldots \quad \left(\frac{dU}{dT}\right)_{T=0} = 0$$

beim absoluten Nullpunkt von der Nernstschen Annahme I unabhängig ist. Denn durch Differenzierung der Fundamentalgleichung

$$(2.) \quad \ldots\ldots \quad A - U = T\frac{dA}{dT}$$

erhält man

$$-\frac{dU}{dT} = T\frac{d^2A}{dT^2}$$

und hieraus die Gleichung (3), wenn nur A sich in der Umgebung von $T = 0$ regulär verhält.

Für uns besitzt das Resultat deshalb Bedeutung, weil seine Beschränkung auf kondensierte Systeme auf diesem Wege aufgehoben ist.

Betrachten wir nun eine Reaktion zwischen kondensierten Stoffen und wenden auf sie die Gleichung

$$(4.) \quad \ldots\ldots \quad A = RT(\Sigma \nu \ln \xi - \ln K)$$

an, wo die ξ die den Dampftensionen der Stoffe proportionalen Dampfkonzentrationen bezeichnen, K die Gleichgewichtskonstante der Dampfphase und ν die Anzahl, mit der die einzelne Molekülgattung sich an der Reaktion beteiligt.

---

1) Jüttner, Physikal. Zeitschrift 1907, S. 147.

Dehnen wir mit Nernst den Gültigkeitsbereich dieser Gleichung bis auf die tiefsten Temperaturen aus und beschränken uns auf die Fälle, wo

$$\frac{\xi_1^{\nu_1} \cdot \xi_2^{\nu_2} \cdot \ldots\ldots}{\xi_1'^{\nu_1'} \cdot \xi_2'^{\nu_2'} \ldots\ldots\ldots} : K$$ [1]

nicht unendlich wird für $T = O$, so folgt:

(5.) $$A_{T=O} = O$$

und also wegen (2) auch

(6.) $$U_{T=O} = O$$

In Uebereinstimmung mit (6) ist z. B. Tammann der Ansicht, dass die Schmelzwärme beim absoluten Nullpunkt häufig verschwindet.

Wegen (5) ist nun $\left(\frac{dA}{dT}\right)_{T=O}$ gleichbedeutend mit $\lim\limits_{T=O} \frac{A}{T}$, und wenn wir daher jetzt Nernsts Annahme (I) einführen, so erhalten wir unter Berücksichtigung von (3) $\lim\limits_{T=O} \frac{A}{T} = O$. Es reduciert sich daher die Gleichung (4) beim absoluten Nullpunkt auf:

(7.) $$[\ln K]_{T=O} = [\Sigma \nu \ln \xi]_{T=O}$$

Diese Gleichung beantwortet die von Nernst aufgeworfene Frage: Sie führt in übersichtlicher Weise die Bestimmung

---

1) Die ξ beziehen sich auf die reagierenden Stoffe, die ξ' auf die Reaktionsprodukte.

des Anfangswertes von $ln k$ zurück auf die Anfangswerte der ξ, die den einzelnen reagierenden Substanzen eigentümlich sind.

Sodann aber hat sie eine einfache chemische Bedeutung. Geht man nämlich von den Logarithmen zu den Numeri über, so hat man:

$$K = \frac{\xi_1^{\nu_1} \xi_2^{\nu_2} \ldots}{\xi_1'^{\nu_1'} \xi_2'^{\nu_2'} \ldots} \text{ für } T = 0$$

d. h.: Beim absoluten Nullpunkt sind die kondensierten Stoffe mit ihren natürlichen Dampfspannungen in vollständigem Gleichgewicht, sie koexistieren in beliebigen Mengenverhältnissen.

Wir betrachten nun noch die Reihenentwicklungen für die Reaktionswärme Q, der Gasphase, für $ln k$ und $ln \xi$.

Da Gleichung (3) auch für nicht kondensierte Systeme gilt, so ist:

$$\left(\frac{dQ}{dT}\right)_{T=0} = 0.$$

Es ist aber auch

$$Q_{T=0} = 0$$

und zwar ans folgendem Grunde. Es ist

$$Q = U - \Sigma \nu (\lambda - RT)$$

wo die $\lambda - RT$ die wegen der äusseren Arbeit korrigierten Verdampfungswärmeu bedeuten. Beim absoluten Nullpunkt verschwindet nun zunächst U, dann aber auch $\lambda - RT$. Denn die Verdampfungswärme fällt beim absoluten Nullpunkt zusammen mit der durch die Verdampfung gewinnbaren maximalen Arbeit. Diese aber konvergiert bei der Annäherung

gegen den absoluten Nullpunkt gegen O, denn sie beträgt — Gültigkeit der Gasgesetze wiederum vorausgesetzt — RT für das Grammmolekyl.

Wir erhalten somit

(10.) . . . $Q = \Sigma \nu \beta \cdot T^2 + \Sigma \nu \gamma T^3 + \ldots.$

und also durch Intergration von (1):

$$ln K = J - \frac{\Sigma \nu \beta}{R} T - \frac{\Sigma \nu \gamma}{2R} T^2 - \ldots\ldots$$

Integriert man die der Gleichung (1) ganz analoge Gleichung

$$\frac{d\, ln\, \xi}{dT} = \frac{\lambda - RT}{RT^2},$$

so erhält man unter Berücksichtigung von

$$(\lambda - RT)_{T=O} = O \text{ und}$$

$$\left(\frac{d(\lambda - RT)}{dT}\right)_{T=O} = O \text{ (wegen (3))}$$

$$ln\, \xi = i + \frac{\beta - \beta_0}{R} T + \frac{\gamma - \gamma_0}{2R} T^2 + \ldots\ldots,$$

wo die β, γ, ... sich wie in (10) auf die gasförmigen, die β_0, γ_0 .... sich auf die kondensierten Substanzen beziehen.

Die Reihen für $ln k$ und $ln\, \xi$ erscheinen hier im Unterschied zu den Nernstschen als reine Potenzreihen. Stellt man für die Intergrationskonstanten J, i, die von Nernst gefundene Relation

$$J = \Sigma \nu i$$

auf, so erkennt man deren genaues Zusammenfallen mit der auf bequemerem Wege gewonnenen Gleichung (7).

Aufgelegte Schriften:

The American Naturalist, Vol. XLII Nr. 493 u. 494, Jan., Febr. 1908.
Bulletin of the New-York Public Library, Vol. XII Nr. 3, 4, New-York 1908.
Procedings of the American Academy of Arts and Sciences, Vol. XLIII Nr. 13, 14, Febr. 1908.
Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy at Havard College, Vol. XLIX, Geol. Ser. Vol. VIII Nr. 5 u. 6, Vol. LI Nr. 10, Cambridge Mass. 1908.
Smithsonian Institution Bureau of American Ethnology, Bull. 33, Washington 1907.
„ Miecellaneons Collections, Vol. L, Quarterly Issue Vol. IV, Part. 3, Washington City 1907.
„ Contributions to Knowledge, Part. of Vol. XXXV (Nr. 1723). Washington City 1907.
Transactions of the American Philosophical Society, Vol. XXI, New. Ser. Part. V, Philadelphia 1908.
Annales del Museo Nacional de Buenos Aires, Ser. III, T. VII, Buenos Aires 1907.
Boletin del Instituto Geològico de México Nr. 23, México 1906 (mit Atlas).
Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indic, 28. Jaarg. 1906, Batavia 1907.
Observations made at the Rogal Magnetical and Meteorological Observatory at Batavia, Vol. XXVIII 1905, Batavia 1907.
Mitteilungen aus der Medizinischen Fakultät d. K. Japanischen Universität, Bd. VII Nr. 4, Tokyo 1908.
Deutsches Museum München. Führer durch die Sammlungen.
XXXII. Jahresbericht d. Gewerbelehrlingsschule zu Besztercze 1907.
U. S. dep. of Agriculture. Monthly List of Publications Nr. 592, 595, Jan., Febr. 1908, Washington.
Leopoldina, Heft XLIV Nr. 3. Halle a. S., März 1908.

Sitzungsberichte
der
Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften
zu
MARBURG

№ 6 Juli 1908

In der ordentlichen Sitzung vom 8. Juli sprach Herr Friedrich:

Ueber neuere Versuche an der Tierlunge und über Lungen-Operationen am Menschen, insbesondere über die Erfolge der operativen Pleuro-Pneumolysis bei einseitiger cavernöser Lungen-Tuberkulose.

Wie jede Operation in gewissem Sinne ein Experiment ist, so darf auch der gleichgeartete operative Erfolg in einer grösseren Zahl von Fällen, den Wert einer auf experimentellem Wege gewonnenen Tatsache für sich in Anspruch nehmen.

Nach den operativen Erfahrungen, die wir an drei Fällen von alveolärem Lungen-Emphysem zu sammeln bisher Gelegenheit gehabt haben, erweist sich die Theorie der Sprengung des starrwandigen Brustkorbes, wie sie von Freund aufgestellt worden ist, für diese Emphysenformen ebenso begründet als praktisch erfolgreich. Wir haben durchweg die Sprengung der 1.—5. oder der 2.—6. Rippe rechtsseitig, durchgeführt und zwar nicht nur durch Abtragung von $1\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{2}$ cm. breiten Knorpelstücken (in den ersten beiden Fällen), sondern von 4—6 cm langen Knorpelknochenstücken der Rippen im letzten der von uns operierten Fälle.

Zu dieser Umfangserweiterung der Operation veranlasste uns die Beobachtung, dass bei einer einfachen Rippendurchtrennung, wie sie ursprünglich Freund vorgeschlagen oder bei Fortnahme kleiner Rippenstückchen, wie Hildebrand, Stieda, v. Bramann, Seydel und wir selbst sie zuerst geübt, die Rippen an der Abtragungsstelle wieder zu nahe aneinander rücken und eine zu innige Verbindung eingehen können.

Wir sind mit dem Ergebnis der ausgedehnten Knochenknorpelabtragung bisher ganz besonders zufrieden. Können wir doch auch nur hierbei in exaktester Weise das retrocostale Periost mit fortnehmen. Die Umwandlung des Atmungs-Typus des Kranken, das Wiederzurücktreten der diaphragmatischen Atmung zu Gunsten der thoracalen Atmung nach der Operation ist augenfällig und wird von dem Kranken selbst direkt empfunden. Die Cyanose der Lippen ist gewichen, das Aussehen der Kranken ist wieder ein frisches, ruhigeres und jugendlicheres geworden; die schlürfende angestrengte Atmung bei horizontaler Bettlage während der Nacht ist durch ruhige Atmung ersetzt. Dem 3. unserer Kranken war vormals seit Jahren die Lage auf dem Rücken nicht mehr möglich, jetzt vermag er in Rückenlage zu schlafen.

Die Thoraxmasse ergeben im letzten der von uns operierten Fälle folgende Differenzen zwischen dem Zustand vor und nach der Operation:

Inspirat. Umfang in der Mamillarhöhe vorher 103; nachher 104.
„ „ über dem proz. ensiformis vorher 99; nachher 103.
„ „ über der letzten Rippe vorher 104; nachher 102.

Die spirometrischen Unterschiede drücken sich in folgenden Ziffern aus:

Expirationsmaximum vor der Operation: 2150
14 Tage nach der Operation: 2500

Der Kartarrh der Bronchien ist schon während der ersten Wochen nach der Operation um ein Beträchtliches zurückgegangen.

Die Durchführbarkeit der Operation erscheint immer möglich, vorausgesetzt, dass in sparsamster Weise die Allgemein-Anästhsie angewandt und mit grösster Vorsicht die Auslösung der Rippen subperiostal bewirkt wird, damit die Pleura costalis absolut geschont bleibt. Auf die Zartheit und Dünnheit der Pleura bei den von uns operierten Emphysematikern und daher die leichte Verletzlichkeit der Pleura, kann für das operative Vorgehen nicht genug hingewiesen werden. Es ist gelungen, in jedem der von uns operierten Falle sie unverletzt zu erhalten.

Die Ablösung des retrocostalen Periostes in der ganzen Ausdehnung des gesetzten operativen Rippendefektes gelang bei vorsichtigem Vorgehen immer verhältnismässig leicht, so dass eine knöcherne Regeneration in der Ausdehnung des Rippendefektes ausgeschlossen, und damit die Erhaltung der Rippen-Beweglichkeit für die Inspiration garantiert ist. Die rein mechanische Beeinflussung der Respiration verschafft somit eine objektiv günstige Wandlung im Krankheitsbilde und namhafte subjektive Besserung. Ueber das anatomische Verhalten der emphysematischen Lunge selbst wird erst nach längerer Beobachtung und ev. späterer Obduktion ein sicheres Urteil gefällt werden können.

Ausgehend von den Erfolgen, wie sie sich nach Erzeugung eines künstlichen Pneumothorax bei Lungentuberkulose durch die damit bewirkte Volumeinengung der Lunge erreichen lassen und weiter ausgehend von der Tatsache der Undurchführbarkeit dieses Verfahrens in einer Reihe von Fällen ergab sich Herrn Prof. Brauer der Wunsch, in ausgedehnterer und radikalerer Weise eine Volumeinengung der Lunge herbeigeführt zu sehen. Der Weg konnte nur ein rein chirurgischer sein. Viele Hindernisse, die insbesondere in der Gefährlichkeit grosser Operationen der so schwer

Lungenkranken liegen, galt es, hierfür aus dem Wege zu räumen. Gestützt auf meine eigenen Erfahrungen über zahlreiche Fälle ausgedehnter Thorakoplastik bei Pleuraempyem, sowie meine während der letzten 2 Jahre angestellten, weiter unten zu erwähnenden experimentellen Studien über einseitige totale Lungenabtragung habe ich ein Verfahren in allen operativen Details ausgearbeitet, dass der Erfolg uns nicht versagt blieb.

Als theoretische Grundlage soll Folgendes erwähnt sein:

Man gewahrt bei über Monate und Jahre sich erstreckender Beobachtung der cavernösen Lungen-Pthise jugendlicher Individuen, dass, wenn überhaupt noch der Organismus über reparative Kräfte verfügt, eine ausserordentliche Tendenz zur Schrumpfung der Lunge besteht. Es drückt sich das dadurch aus, dass man percutorisch und röntgographisch Zwerchfell, Mediastinum, Herz, Fossa supracla cularis und infraclavicularis gegen die kranke Lunge hin sich einziehen sieht. Nur die knöcherne Brustwand vermag diesem Zug nicht nachzugeben und die häufig noch durch zarte oder festere Verklebungen der Pleura gegen die Brustwand fixierte Lunge vermag sich im ganzen Umfang der Brustwand gegen den Hilus hin nicht mit zu retrahieren. Wie schon die von Murphy, Forlanini, Brauer geübte Pneumothorax-Therapie, immer darin ihre Begrenzung finden musste, dass wegen Pleura-Verwachsungen eine Stickstoffeinblasung in den Brustraum nicht durchführbar war, so zeigen uns besonders Erwägungen über die Wirkung des Druckes auf circumcripte Abschnitte der Lunge das Unzureichende der Wirkung dieser bei ausgedehntem Höhlenzerfall einer tuberkulösen Lunge. Ein Lösen der Lunge aus dieser Brustwand-Fixation, gewissermassen aus dieser Suspensionsstarre muss aber zustandekommen können, wenn die Abtragung der knöchernen Brustwand ausgeführt wird, und bei erhaltener Pleura costalis der ganze Atmosphärendruck

auf die nur noch pleurabedeckte Lunge wirkt. (Pleuro-Pneumolysis.)

Die Idee, das Zusammensinken der Zerfallshöhlen in der Lunge durch partielle Abtragung der darüberliegenden Rippen in die Wege zu leiten, ist zuerst von Quincke, dann von K. Spengler und Turban ausgesprochen worden, von letzteren Beiden durch mehrfache Versuche mit wechselndem zum Teil günstigen Heilerfolge schon in seiner Nützlichkeit erprobt worden.

Bei der im Allgemeinen unzureichenden Wirkung solcher Teilresektionen aber gegenüber ausgedehntem Lungenzerfall glaubten wir weiter als bisher gehen zu sollen, unter der Voraussetzung, dass es gelänge. einen so grossen Eingriff gefahrlos durchzuführen. Von vornherein — noch ehe ich Spenglers Hauptarbeit kannte — war uns klar, dass dieses nur bei peinlichster Schonung der Pleura costalis gelingen würde und darauf bauten wir, Prof. Brauer und ich, entgegen dem thorakoplastischem Verfahren beim Pleura-Empyem die Technik unserer Methode auf.

In kurzen Zügen geschildert, besteht sie in Folgendem: Unter ausserordentlich vorsichtiger Anästhesierung, besonderer Lagerung wird nach einem grossen Hautmuskelschnitt, welcher die ganze krankseitige Brustwand umgreift, ein Weichteillappen ausgelöst, dessen Basis vorn an der Clavicula beginnt und hinten in der Höhe des 2.—3. Brustwirbels endigt, dessen flacher Bogen herunter bis zur 10. Rippe führt. Nach möglichst raschem Zurückschlagen dieses, den ganzen M. serratus mitsamt seinen Nerven und Gefässen einschliessenden Hautmuskellappens, nach Hochluxieren der Scapula und Elevieren des Armes werden mit denkbar grösster Geschwindigkeit die 2. bis 10. Rippe von der Wirbelsäule bis zum vorderen Knorpelansatz so abgetragen, dass eine Verletzung der Pleura costalis vermieden wird. Ganz besonders imposant ist in diesem Akt der Halt, den die 2. Rippe der segelartig ausgespannten Pleura costalis und

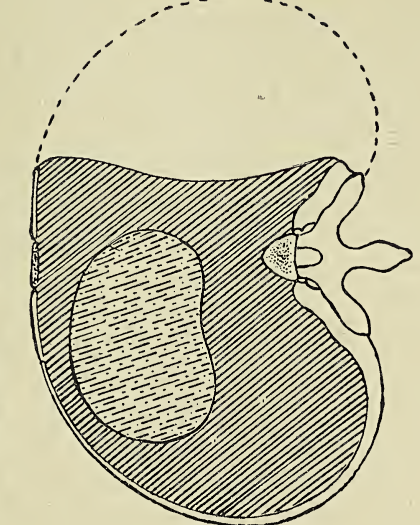
damit noch der Lunge zu geben vermag. Ist auch die 2. Rippe entfernt, so sinkt die Lunge unmittelbar weit hiluswärts zusammen, und wenn die Operation linksseitig gemacht wurde, wölbt sich das Herz weit über das Lungenniveau vor.

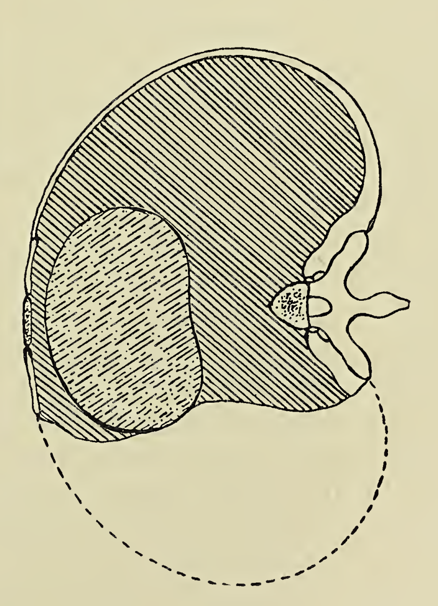
Die Einwirkung des Atmosphärendruckes auf das Herz und die durch diesen und die Lungeneinengung bedingte Dislokation des Herzens führen in den ersten Stunden und Tagen nach der Operation zu einer augenfälligen Erschwerung der Herztätigkeit; nach wenigen Tagen stellt sich jedoch das Herz auf die neuen zirkulatorischen Bedingungen im veränderten Lungenkreislauf ein. Die Einheilung des nach der Rippen-, Intercostalmuskel-, Intercostalnerven und Gefäss-Abtragung durch zahlreiche versenkte Nähte wieder eingefügten Hautmuskellappens pflegt sich glatt zu vollziehen. Die Kranken vertragen den Eingriff, nach Wiedergewinnung normaler Herzfunktion gut, wie auch Temperatur- und Pulskurven immer wieder beweisen.

Von grosser theoretischer und praktischer Bedeutung sind nun die Veränderungen, die wir nach diesem Eingriff und nach Ueberwindung der ersten Operationsfolgen im weiteren Verlauf bei unseren Kranken beobachten: Perkussion und Auskultation ergeben 2—3 Monate nach Vollzug der Operation, dass die kranke Lunge stark gegen den Hilus zusammengeschrumpft ist. Als Beispiel diene einer unserer neueren bisher noch nicht publizierten Fälle[1]) (Herr S. aus Memel). In den oberen Abschnitten der geschrumpften Lunge ergiebt die Perkussion hohe gleichmässige Tympanie, in den unteren tympanitische Dämpfung.

---

1) Ueber die ersten drei nach dieser Methode operierten Fälle, die Berechtigung und Begründung der Operation, sowie die chirurgisch-technischen Einzelheiten habe ich zum Chirurgen-Kongress 1908 (Berlin) berichtet. (Verhandlungen des Kongresses der deutschen Gesellschaft für Chirurgie Berlin 1908), sowie in der Sitzung der ärztlichen Vereine in Wiesbaden (8. Febr. 08) und Frankfurt a. M. (1. Juni 08), sowie des Regierungsbezirks Cassel in Marburg (14. Juni 08).





Schematische Darstellung der Brustwandmobilisierung durch totale Entknochung. Die schräg schraffierten Teile zeigen das Lungenvolumen nach Abtragung der Rippen (punktierte Linie) an und damit das Mass der durch die Operation sofort erreichbaren Lungeneinengung.

Die Tympanie dürfte dadurch zu erklären sein, dass das atelektatische, aber zum Teil infiltrierte Lungengewebe die Bronchien noch zu einem guten Teil offen lässt, wie wenn sie in starres Gewebe eingebettet wären. (Erklärungsversuch des Herrn Geh. Rat Mannkopff.)

Bei geöffnetem und dann geschlossenem Mund ist deutlich ein Unterschied der Klanghöhe nachweisbar; bei der Auskultation sind ab und zu feinklingende konsonierende Rasselgeräusche hörbar.

Bei jeder tiefen Inspiration zieht sich die mobilisierte Brust ein und drängt sich die Leber sichtbar vor.

Bei jeder Exspiration vollzieht sich der Vorgang in entgegengesetztem Sinne: der untere Lungenabschnitt bläht sich mässig gegen die mobilen Weichteildecken vor. Die Senkung der Leber dürfte ihren Grund darin haben, dass das Diaphragma auf der Operationsseite nach Wegnahme der Rippen (bis einschliesslich der 10.), auch die 11. und 12. Rippe mit der schon durch die Schwere sich senkenden Leber weit nach abwärts zieht. Andererseits ist das Herz auf das Diaphragma der Operationsseite hinübergelagert. Besonders schön zeigen alle Fälle, namentlich die neusten (Fall V Herr S., Fall VI Fräulein Sjöberg), die durch die Volumeneinengung der kranken Lunge bedingte Grössenzunahme (Volumen auctum) der gesunden Lunge.

Der vordere Rand der gesundseitigen Lunge tritt bis über den andersseitigen Sternalrand hinüber; die untere Lungengrenze tritt vorn bis zum unteren Rande der 7. Rippe nach abwärts, bei rechtsseitiger Operation die Herzdämpfung nach rechts hinüber und die Lungengrenze über dem Herzen verflacht sich und rückt nach rechts und unten. Die Lungengrenze hinten erreicht den unteren Rand der 12. Rippe und auch über die Wirbelsänle hinüber nach der operierten Seite ist ihre Schallverbreiterung deutlich nachweisbar. Das Herz ist bei der rechtsseitigen Operation weit nach rechts herübergetreten, ohne Knickung der Gefässe, ohne Differenz der

Stärke und des zeitlichen Eintritts des Carotis- oder Radialispulses. Der zweite Pulmonalton ist meist accentuiert. Bei linksseitiger Operation (z. B. Fall I, II und VI) befindet sich der Spitzenstoss des Herzens in der linken hinteren Axillarlinie.

Die bis zur Operation wiederholt hochfebrile Körpertemperatur unserer Kranken fällt, wie bereits erwähnt, schon in den ersten Tagen zur Norm ab, oder zeigt, — gegenüber früher, — subfebrilen Charakter. Die Auswurfsmengen gehen, von der täglichen Menge von 150—200 cbm vor der Operation auf 20, 10, 5 cbm p. die zurück, s. Curve.

Von besonderer Bedeutuug ist, dass, entsprechend dem Auswurfsrückgang die Bazillenmenge rasch abnimmt, (Fall III, V, VI dergestalt, dass im „schweren" Fall III trotz sorgfältiger Kontrolle von verschiedenen Seiten Tuberkelbazillen nicht mehr haben nachgewiesen werden können).

Naturgemäss wirft sich hiernach sofort die Frage auf, in welcher Weise die rasche und regelmässige Abnahme der Auswurfsmengen und diejenige der Tuberkelbazillen in ihnen zu erklären ist.

Man wird zunächst keiner anderen Vorstellung Raum geben können, als derjenigen, dass mit der Entspannung und Einengung des gesamten Lungenvolumens, das Zusammensinken der bis dahin starren Wände der Cavernen erfolgen kann, und diesem Lockern der Cavernenwand allmälig die Abstossung der tuberkulösen Membran, die „Reinigung" der Cavernen folgt. Es mag zunächst dahin gestellt bleiben, inwieweit das Plus an Blutfülle der im Volumen eingeengten Lunge nach Art der Pneumothorax-Lunge zu intensiveren reparatorischen Vorgängen führt, inwieweit man für die Lunge der operierten Seite sowohl, als auch der nun in noch erhöhterem Masse das Atmungsgeschäft übernehmende Seite, die stärkere Durchströmung der Blutgefässe im Sinne Biers wird in Rechnung setzen müssen. Gerade für die tuberkulösen, noch nicht cavernösen, Lungenabschnitte der geschrumpften Lunge fallen die nunmehr eintretenden Be-

dingungen einer gewissen Stauungshyperämie vielleicht besonders ins Gewicht.

Hier haben das Studium der pathologisch-anatomischen Befunde bei ev. zur Obduktion kommenden Fällen, sowie das Tierexperiment einzusetzen. Noch mögen aus der Fülle interessanter und wichtiger Befunde an unseren Kranken längere Zeit nach der Operation folgende Punkte herausgehoben sein:

Die erste Rippe ändert innerhalb kurzer Zeit ihre Richtung; sie fällt jäher nach abwärts, dem Zug der eingesunkenen Lunge folgend und vermag nicht, wie die zweite Rippe, allein, noch eine Suspension der oberen Lungenabschnitte zu erhalten.

Die Wirbelsäule bleibt trotz des Wegfalls des knöchernen Brustkorbes geradlinig erhalten, es tritt nicht eine nach der operierten Seite concave Skoliose ein, wie wir sie bei Pleuraempyem-Schrumpfungen zustande kommen sehen.

Die Rückwirkung der geringen Sputumproduktion, des geringen Hustens auf Nachtruhe und Ernährung sind bei allen Kranken in die Augen springend, daher Gewichtszunahme und Besserung des subjektiven Gesamtbefindens. Selbst gegenüber gesteigerten körperlichen Anstrengungen sind jetzt die Kranken durch die fast ausgeschaltete Lunge weniger widerstandslos als vor Ausführung der Operation.

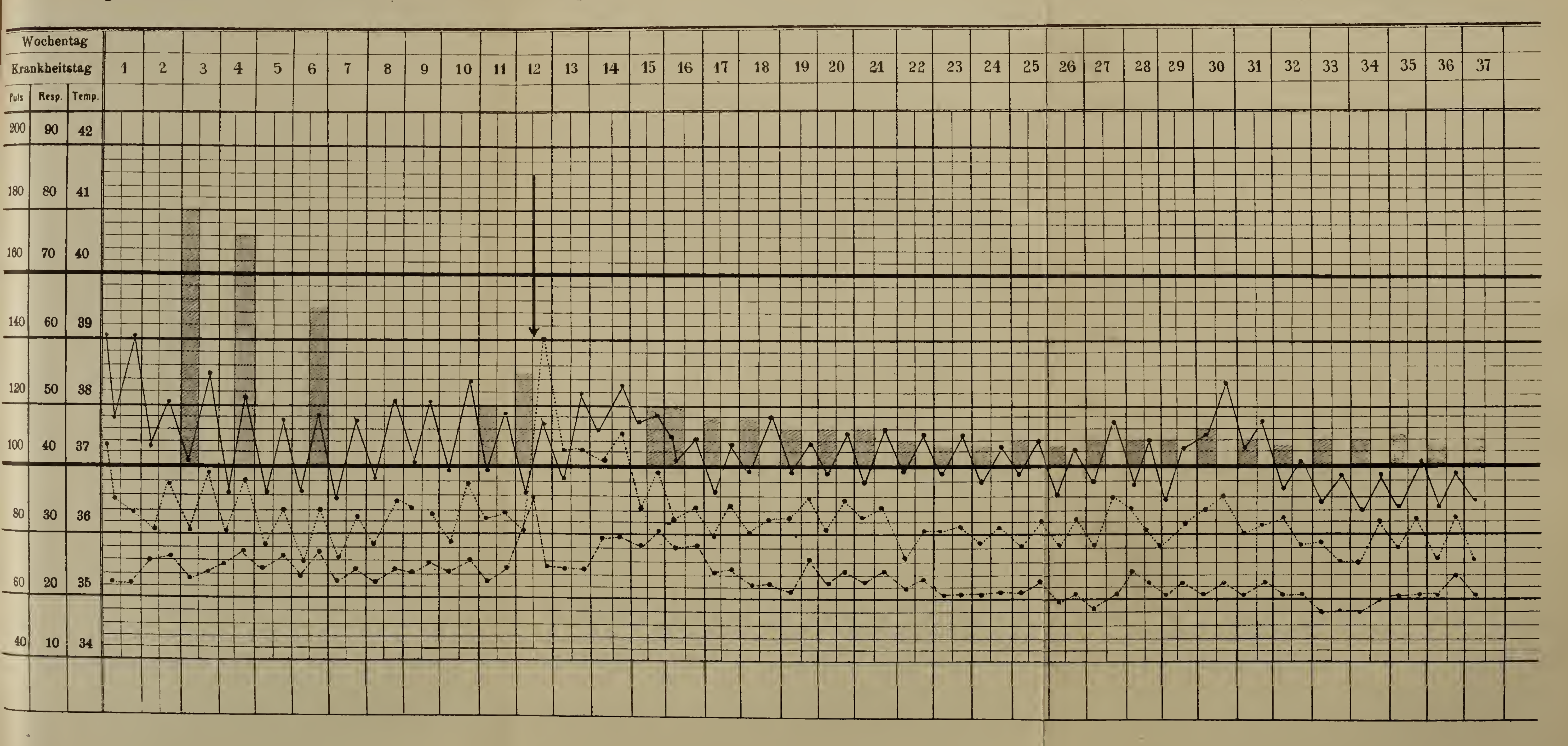
Irgend welche Stützkorsette oder Druckbandagen benötigen die Kranken nachmals meist nicht, wenn auch eine gewisse Kompression der operierten Seite für die Momente starker Exspiration, kräftiger Hustenstösse das Auswerfen des Sputums erleichert.

Inwieweit die Ueberblähung der gesunden Lunge einer einfachen vermehrten Luftfüllung oder realer Gewebszunahme zu verdanken ist, bleibt zu entscheiden späteren Untersuchungen vorbehalten; jedenfalls hat der Ausgleich des durch die Einengung der kranken Lunge gesetzten Raumdefektes in der Brusthöhle naturgemäss viele Analogien zu

les Falles VI (27 j. Mann) enthält. Die
Operation ist durch den Pfeil markiert.

26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37

Curve, welche Temperatur (schwarze Linie), Puls (punktierte Linie), Atmung (gestrichelte Linie) des Falles VI (27 j. Mann) enthält. Die grauen Säulen veranschaulichen die Auswurfsmengen vor und nach der Operation. Der Tag der Operation ist durch den Pfeil markiert.



den Versuchsreihen, die ich im Laufe der letzten zwei Jahre über totale einseitige Lungenamputation in der Sauerbruch'schen Kammer an Hunden angestellt habe. Auch die Ergebnisse dieser Versuche enthalten viel des Neuen, insofern als es uns gelungen ist, Tiere mit reaktionslos geheilter totaler einseitiger Lungenamputation über Jahr und Tag am Leben zu erhalten, in einer körperlichen Verfassung, welche nicht einen Ausfall einer ganzen Lungenhälfte vermuten liess. Bei diesen Tieren ist, wie Ihnen heute diese epidiaskopischen Projektionen von Hundekadavern beweisen, ein vollständiger Raumausgleich zu Stande gekommen durch ein Hereinrücken der Nachbarorgane in den Defekt, welchen die amputierte Lunge hinterlassen hat. Herz- und Gefässwurzeln füllen vorwiegend die Operationsseite der Brusthöhle aus; das Diaphragma rückt beträchtlich gegen den Defekt hin in die Höhe und selbst die Rippen verflachen sich auf der Defektseite und passen sich in deutlich erweisbarem Masse dem Lungendefekt an, sodass wir, da der ganze Vorgang ohne entzündliche Veränderungen sich vollzieht, in schönster Weise dartun können, wie die Tätigkeit oder der Funktionsausfall einer Lungenseite an sich bestimmend auf die Konfiguration des knöchernen Brustkorbes wirkt. Auch diese Versuche eröffnen weite Perspektiven, welche nur anzudeuten heute meine Aufgabe sein kann.

Ferner sprach Herr Johannes Meisenheimer:

Ueber Kastration und experimentell erzeugte innere Zwitterbildung bei Schmetterlingen.[1])

Die Experimente, über welche ich hier berichten will, wurden in der Absicht unternommen, in einer bestimmten Tiergruppe über das gegenseitige Verhältnis von primären und sekundären Geschlechtscharakteren möglichst klare Auskunft zu erhalten. Als Untersuchungsobjekt dienten die Schmetterlinge, speziell Ocneria dispar, der künstliche Eingriff erfolgte auf dem Raupenstadium, wo sowohl die primären Geschlechtsdrüsen wie auch die sekundären Charaktere noch auf einer durchaus undifferenzierten Entwicklungsstufe sich befinden.

Eine erste Operationsreihe prüfte die Einwirkung der Kastration auf die sekundären Charaktere. Die im Dorsalteile des 5. Abdominalsegmentes gelegenen Geschlechtsdrüsen lassen sich verhältnismässig leicht entfernen, ohne dass die Weiterentwicklung der Raupe dadurch beeinträchtigt wird. Es blieben nicht nur die Geschlechtsgänge und der Kopulationsapparat von der Kastration unbeeinflusst, auch die sekundären Charaktere behielten durchaus ihre ursprüngliche Tendenz bei, d. h. ursprüngliches Männchen blieb Männchen, Weibchen ein Weibchen.

In einer zweiten Operationsreihe wurden der Raupe ausser den Geschlechtsdrüsen auch noch die auf der Ventral-

---

1) Ausführlichere Darstellungen über einzelne Abschnitte dieser Untersuchungen finden sich in meinen bisherigen Veröffentlichungen über diesen Gegenstand, und zwar in: Zoologischer Anzeiger, 32. Bd. 1907, und in: Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft (zu Stuttgart), 1908.

seite der hinteren Körpersegmente gelegenen Anlagen der Geschlechtsanhangsdrüsen und des Kopulationsapparates entfernt; auch hier mit dem Ergebnis, dass die sekundären Charaktere unbeeinflusst blieben, obwohl die Reduktion der inneren Organe, namentlich im männlichen Geschlecht, eine ausserordentlich bedeutende war.

Die dritte Operationsserie endlich bestand in der Uebertragung von Hoden und Ovarien in den Körper des entgegengesetzten Geschlechts und zwar auf dem Raupenstadium. Es zeigte sich, dass die jungen Hodenanlagen im weiblichen Körper zu voll ausgebildeten, von reifen Spermatozoen strotzend gefüllten Hoden heranwuchsen, dass weiter entsprechend die jungen Ovarialanlagen im männlichen Körper sich zu normalen Ovarien entwickelten. Die Verbindung der transplantierten Ovarien mit dem fremden Körper war zum Teil eine so innige, dass eine Verwachsung derselben mit den Enden der Vasa deferentia festgestellt werden konnte. Durch das Gelingen dieser Operationen war eine typische innere Zwitterbildung künstlich hergestellt worden, aber auch diese vermochte nicht die äusseren Geschlechtscharaktere zu beeinflussen, hatte also in keinem Falle auch äussere Zwitterbildung zur Folge. Es fehlt also jeglicher Hinweis auf eine etwaige „innere Sekretion“ der Geschlechtsdrüsen.

Eine vergleichende Betrachtung der bisher bekannten Zwitterbildungen bei den Gliedertieren lässt uns zu den gleichen Schlüssen gelangen, wie sie aus dem Experiment gewonnen wurden. Genau halbierte Schmetterlingszwitter besassen zwar in einzelnen Fällen eine entsprechende Verteilung ihrer inneren Organe, insofern auf der männlichen Seite Hoden, auf der weiblichen Ovarien gelegen waren, in der Mehrzahl der Fälle war jedoch diese Uebereinstimmung mehr oder weniger gestört, oder fanden sich sogar bei äusserlich genau halbierter Verteilung beider Geschlechter innerlich nur die Geschlechtsorgane des einen Geschlechtes vor. Aehn-

liches ist von Blattwespen, Bienen und Krebsen bekannt. Aus den zuletzt erwähnten Verhältnissen ergibt sich nun mit Notwendigkeit der Schluss, dass die Entwicklung der sekundären Geschlechtscharaktere nicht abhängig ist von der Gegenwart der entsprechenden Geschlechtsdrüse, sondern auch bei Fehlen derselben sich normal vollziehen kann. Und dies ist das gleiche Ergebnis, wie es uns das Experiment lieferte.

Nachdem so das Prinzip versagt hat, die Ausbildung der sekundären Geschlechtscharaktere während des Verlaufs der Ontogenie aus einem formativen Reize der primären Geschlechtsdrüse abzuleiten, müssen wir bei ferneren Versuchen, uns Aufklärung zu verschaffen, auf weit jüngere Entwicklungsstadien zurückgehen. Wenn primäre und sekundäre Charaktere ihrer Entstehung nach unabhängig von einander sind, so muss ein Drittes sie beide zugleich in ihrer Entwicklung zum männlichen oder weiblichen Geschlecht beeinflussen. Für die primären Geschlechtsdrüsen ist es sehr wahrscheinlich gemacht worden, dass ihre Bestimmung schon sehr früh, wohl schon im jungen Ei erfolgt, ähnliches wird auch für die sekundären Geschlechtscharaktere Geltung haben. Es werden die weiteren Experimente sich also nunmehr in erster Linie dem jungen Ei zuzuwenden haben und aus dem vergleichenden Studium der bisher bekannten Zwitterbildungen bei Schmetterlingen lassen sich mancherlei Gesichtspunkte für solche Experimente gewinnen. Bevor es aber möglich war, rationell solche Versuche anzustellen, musste vorher geprüft werden, ob jenes so oft behauptete Abhängigkeitsverhältnis der sekundären Charaktere von den primären in der ontogenetischen Entwicklung wirklich besteht oder nicht, und darauf haben meine Experimente zunächst eine bestimmte Antwort im verneinenden Sinne gegeben.

Weiter hielt Herr Paul Römer den Vortrag:

Experimenteller Beitrag zur Bewertung der natürlichen Säuglingsernährung.

In den Magen eingeführte genuine Eiweissstoffe werden nicht als solche direkt in den Säftestrom des Organismus übergeführt, sondern unterliegen, wie bekannt, einer Spaltung durch die proteolytischen Fermente des Magendarmsaftes. Erst die Spaltungsprodukte (Albumosen, Peptone, Aminosäuren) werden resorbiert und erscheinen, nachdem sie zu genuinem Eiweiss in einer bisher noch nicht geklärten Weise und an einem bisher noch sehr diskutierten Ort wieder aufgebaut sind, im Blute des gefütterten Individuums wieder.

Eine eigenartige Ausnahme von dieser für alle Säugetiere giltigen Regel scheinen nun die bekannten Untersuchungen Ehrlich's über die Antitoxinübertragung durch die Milch bei saugenden Neugeborenen demonstriert zu haben. Denn nach allem, was wir über die Natur der Antitoxine wissen, sind sie unzertrennlich mit den genuinen Bluteiweisskörpern verknüpft, und auch in der Milch aktiv und passiv immunisierter Tiere sind sie lediglich an das genuine Molkenprotein gebunden. Auch nur die geringste Alteration des genuinen Eiweissmoleküls hat Antitoxinverlust zur Folge und Verdauung desselben, selbst wenn sie nur bis zur Bildung von Albumosen führt, bedeutet völlige Vernichtung der antitoxischen Funktion. Wunderbar erschien daher mit Recht bereits Ehrlich „die Tatsache, dass die mit der Milch entleerten Antitoxine als solche ungeändert vom Verdauungskanal in die Zirkulation gelangen können", mit Recht als eine bemerkenswerte Erscheinung, dass in diesem

Fall die in der Milch enthaltenen Antikörper einer Zersetzung und Zerstörung durch die stark wirkende Aktion der Verdauungssäfte nicht unterworfen sind. Ehrlich glaubte, „den Schlüssel des Rätsels in der Eigenart der Milch“ suchen zu müssen.

Inzwischen ist durch mehrfache Arbeiten die Tatsache der intestinalen Antitoxin-Resorption bei saugenden Neugeborenen unserem Verständnis etwas näher gerückt. Ich selbst konnte nämlich zeigen, dass der Magendarmkanal neugeborener Individuen Antitoxin passieren lässt, nicht aber der älterer Individuen, eine Behauptung, die inzwischen durch ähnlich gerichtete Untersuchungen von Ganghofner und Langer, Uffenheimer, Hamburger und Bertarelli bestätigt ist. An die Möglichkeit, dass das Alter des Tieres für die intestinale Resorption von Bedeutung sei, hatte übrigens schon Ehrlich gedacht. Ein Teil des Rätsels dürfte sich also mit meinen eben zitierten Feststellungen lösen.

Die Ehrlich'sche Vermutung aber, dass „die Eigenart der Milch“ von nicht zu unterschätzender Bedeutung sei, trat von neuem in den Vordergrund des Interesses durch eine Arbeit Salge's, der zeigte, dass bei menschlichen Neugeborenen Antitoxin übergeht, wenn man es der stillenden Mutter bezw. stillenden Amme in Form von antitoxischem Serum unter die Haut spritzt, dass dagegen jegliche Antitoxinresorption ausbleibt, wenn man der Milch erst in der Flasche das antitoxische Serum zusetzt, oder den Säuglingen Ziegenmilch verabreicht, die infolge einer aktiven Immunisierung des milchliefernden Tieres Antitoxin enthielt. Die Salge'schen Versuchsreihen lassen nun keine unmittelbare Vergleichung untereinander deshalb zu, weil es sich in dem einen Fall — mit Antitoxin-Uebergang — um natürlich ernährte Kinder, im andern Fall — ausbleibende Antitoxin-Resorption — um Flaschenkinder handelt; denn es war wohl denkbar, dass die Ernährung mit artfremder Milch an sich die Resorptions-

bedingungen im Magendarmkanal so veränderte, dass derselbe für antitoxisches Eiweiss nicht mehr durchlässig war.

Es schien mir daher wünschenswert, Salge's Versuchsideen in neuen Experimenten zu folgen, Versuchen aber, deren Anordnung physiologischen Bedingungen entsprach und die deshalb auch vergleichbare Resultate lieferten. Dies geschah in mit Much gemeinsam ausgeführten Experimenten, deren Ergebnis ich vor 2 Jahren an dieser Stelle mitteilte. Die damaligen Versuchsergebnisse seien noch einmal kurz rekapituliert: Wir injizierten einem Teil der Versuchstiere (ausschliesslich Rinder) Antitoxin in Form antitoxischen Pferdeserums subkutan entweder vor dem Abkalben oder kurz nach demselben. Wir stellten dann die Menge Antitoxin fest, die in die Milch überging, stellten weiter fest, wieviel Milch und damit wieviel Antitoxin das von der Mutter genährte Kalb während der Versuchsperiode aufnahm, um dann endlich zu ermitteln, wieviel von dem gesamten verfütterten Milchantitoxin von dem jungen Kalbe resorbiert war. In einer anderen Versuchsreihe, in der die neugeborenen Kälber ebenfalls mit der genuinen rohen Muttermilch ernährt wurden, setzten wir erst in der Flasche das antitoxische Serum zu und zwar dasselbe, das wir zu der ersten Versuchsreihe gebraucht hatten, in Mengen, die der Quantität des verfütterten Milchantitoxins der ersten Versuchsreihe entsprach. Nach entsprechender Versuchsdauer wurde dann ebenfalls die Menge des resorbierten Antitoxins bestimmt, dabei zeigte sich, dass in der ersten Versuchsreihe ca. 10 mal mehr Antitoxin übergegangen war, als in der letzteren. Der Unterschied zwischen beiden Versuchsreihen bestand also lediglich darin, dass in der ersten das antitoxische Pferdeserum den Körper des milchliefernden Muttertieres passiert hatte, dass also gewissermassen die Milch indirekt antitoxisch gemacht war, während in der zweiten dasselbe Antitoxin direkt zur Milch zugesetzt wurde, die allerdings hier in der Flasche gereicht wurde. Dass dieses Moment aber keinen Einfluss auf

die Antitoxin-Resorption hatte, wurde noch durch besondere Versuche festgestellt. Inzwischen hat Much die gleiche Versuchsanordnung auf den Menschen übertragen und auch hier das Gleiche festgestellt, d. h. es gehen bedeutend grössere Mengen Antitoxin auf den saugenden Neugeborenen über, wenn die Muttermilch im obigen Sinne indirekt antitoxisch gemacht wurde, als wenn direkt derselben antitoxisches Serum in entsprechenden Quantitäten zugefügt wurde. Wir haben es also wohl hier mit einer gesetzmässigen Erscheinung zu tun. Worauf diese eigentümliche Differenz im Verhalten der Neugeborenen bezüglich der Antitoxin-Resorption beruht, darüber konnten wir nur hypothetische Bemerkungen machen.

Gelegentlich einer monographischen Zusammenstellung über die Bedeutung der Milch für Immunität und Immunisierung stiess ich in einer Arbeit Bertarelli's auf folgende Behauptung:

Bertarelli hatte an junge Hündchen Agglutinin verfüttert und zwar an einen Teil durch direkte Eingabe agglutininhaltigen homologen Serums (also agglutininhaltigen Hundeserums), beim anderen Teil durch Verfütterung von Muttermilch, die infolge aktiv immunisierender Behandlung des Muttertieres agglutininhaltig geworden war. Bertarelli glaubt nun gefunden zu haben, dass bei der Verfütterung agglutininhaltiger Milch viel mehr Agglutinin vom Säugling aufgesaugt wurde, als bei direkter Eingabe des homologen antikörperhaltigen Serums. Es bestände somit ein grosser Unterschied in der intestinalen Antitoxin-Resorption zwischen Milcheiweiss einerseits und Serumeiweiss anderseits bei Neugeborenen selbst bei Verwendung eines homologen Antikörpers. Ich will gleich vorweg nehmen, dass die Versuchsprotokolle Bertarelli's seine Behauptung ganz und gar nicht bestätigen. Ich werde an anderer Stelle diese Arbeit kritisch besprechen. Bertarelli's Versuchsanordnung aber, sowie vor allem seine genannte

Vermutung, die, wenn sie sich doch als richtig erweisen würde, von der allergrössten biologischen Bedeutung wäre, reizte mich doch, seine Versuche nachzuprüfen, wobei ich mich aber der Antitoxine bediente, weil diese die Möglichkeit viel genaueren quantitativen Arbeitens bieten und für die Frage der Immunität praktisch viel wichtiger sind.

Ich legte mir also die Frage vor: Wird antitoxisches Serum in der Tat vom saugenden Jungen schlechter resorbiert, wenn man es direkt in die Milch gibt, als wenn man die Milch dadurch antitoxisch macht, dass man dem Muttertier das Antitoxin injiziert? Für die Verwendung artfremden antitoxischen Eiweisses war dies ja schon durch meine früheren Versuche für das Rind, durch die Much's und auch wohl durch die Salge's für den Menschen bewiesen. Ich engte daher meine Fragestellung ausschliesslich auf die Verwendung homologen Antitoxins ein; ich fragte mich also: Wird auch homologes Antitoxin vom saugenden Neugeborenen schlechter resorbiert, wenn man es ihm direkt in der Muttermilch gibt, oder wenn man letztere dadurch antitoxisch macht. dass man dem Muttertier das Antitoxin subkutan injiziert. Ich führte meine Versuche mit Tetanusantitoxin aus weil sich mit diesem aufs einfachste und genaueste quantitativ arbeiten lässt. Meine Versuchsanordnung war damit gegeben. Das Tetanusserum stammt vom Pferde. Ich musste also am Pferde experimentieren; ich musste in vergleichenden Versuchen jungen Fohlen einmal direkt abgemessene Mengen von Tetanusserum einführen und einem anderen Teil der Versuchstiere das Antitoxin in der Form beibringen, dass ich das milchliefernde Mutter-Tier passiv mit Tetanusserum immunisierte.

Leider war mir nur die Ausführung eines einzigen Versuches möglich, da die Pferde bereits im April und Mai im allgemeinen abfohlen und ich erst Mitte Mai von einer Auslandreise zurückkam und andererseits es auch nicht ganz leicht ist, bei den immer etwas misstrauischen Pferdebesitzern

Versuche durchzuführen, die mit Injektionen von Flüssigkeiten, Blutabnahmen etc. bei ihren wertvollsten Haustieren verbunden sind. Der eine Versuch aber, über den ich Ihnen heute berichten möchte, hat ein so eindeutiges Ergebnis gehabt und ist, wie ich wohl behaupten darf, auch so exakt durchgeführt, dass sich seine Mitteilung vielleicht doch lohnt, wenn ich auch die nachfolgenden Schlussfolgerungen aus seinem Ergebnis ausdrücklich noch so lange als hypothetische bezeichnen möchte, bis die Fortsetzung meines Versuchsprogramms im nächsten Frühjahr sie bestätigt hat. Nur stilistischer Einfachheiten halber sei mir ein mehr affirmativer Ton in den nachher zu nennenden Schlussfolgerungen erlaubt.

Der Versuch war folgender: Eine 10jährige Fuchsstute (Belgier, Kaltblut) hatte am 8. 5. 08 ein gesundes Fohlen geworfen, das natürlich ernährt wurde und sich bis dahin gesund entwickelt hat. Am 2. 6. 08, also 25 Tage nach der Geburt, wird dem jungen Fohlen eine Blutprobe abgenommen und auf Tetanusantitoxin geprüft. Sie enthielt, wie zu erwarten war, keine Spur Antitoxin; zu gleicher Zeit erhielt das Muttertier 90 ccm eines ca. fünffachen Tetanusserums = 450 Antitoxin-Einheiten subkutan. Erfahrungsgemäss geht das so injizierte Antitoxin in das Blut und auch in die Milch über. Die Milch wurde nun nach 48 Stunden, nach 4 Tagen und nach 7 Tagen auf Antitoxin geprüft. Die Antitoxinbestimmungen ergaben etwa folgendes:

Die Milch enthielt pro kcm nach 48 Stunden ca. 1/2500 A.E
nach 4 Tagen etwas mehr als 1/2500 „
„ 7 „ ca. 1/2500 „

Der Antitoxingehalt der Milch war während des 6 Tage dauernden Versuchs also ziemlich konstant, im Mittel zirka i/2500 A. E. Diese antitoxische Milch hat das Fohlen 6 Tage lang genommen. Wieviel A. E. sind nun im ganzen an das Fohlen verfüttert worden? Die Milchmenge, die das junge, genau 100 Kilo schwere Fohlen aufnahm, liess sich nun

nicht genau bestimmen, dieselbe betrug aber, wie mir von autoritativer Seite mitgeteilt ist, auf keinen Fall mehr als 5 Liter pro 24 Stunden. Es hätte also im höchsten Falle das Fohlen aufgenommen 5000/2500 A. E. pro Tag, d. h. = 2 A. E. pro Tag, oder während der ganzen Versuchsdauer 12 A. E. Am Morgen des 7. Tages (9. 6. 08) wurde dem Fohlen eine Blutprobe abgenommen, sie enthielt pro kcm Blutserum ca. 1/2500 A. E. Wieviel von dem gesamten verfütterten Antitoxin hat nun das Fohlen resorbiert? Wir müssen zu dem Zweck die Gesamtmenge des Antitoxins im Fohlenblut wissen. Das Gewicht des Fohlens betrug 100 Kilo. Die Serummenge desselben lässt sich darnach ungefähr auf 5 Liter berechnen; dann hätte das gesamte Fohlenserum also enthalten 5000/2500 A. E. = 2 A. E. Es war nach dieser ziemlich groben Berechnung also etwa $^1/_6$ der gesamten verfütterten Antitoxinmenge resorbiert. Tatsächlich aber entspricht, worauf Hamburger mit Recht hingewiesen hat, diese Berechnung nicht den tatsächlichen Verhältnissen, da man die Antitoxinmenge nicht richtig berechnen kann, die in den Organen oder sonstigen Körpersäften des Organismus festgehalten wird. Ich wandte daher einem Vorschlage Hamburger's folgend, noch folgende Kontrollprobe an: Einem normalen Pferde, dessen Blut tetanusantitoxinfrei war, injizierte ich (aufs Gewicht berechnet) die gleiche Antitoxinmenge subkutan, die das Fohlen nach unserer obigen Berechnung mit der Milch bekommen hatte und stellte fest, wieviel Antitoxin nach dieser Injektion im Blute erschien. Die 24, 48 und 72 Stunden nach der Injektion vorgenommenen Blutprüfungen ergaben, dass die nach 48 Stunden abgenommene Blutprobe am antitoxinreichsten war; sie enthielt 1/1000 A. E. pro ccm Serum. Wir hätten also bei dem Fohlen ca. 1/1000 A. E. pro ccm Blutserum vorfinden müssen, wenn wir das Tetanusantitoxin unter die Haut injiziert hätten. Nach der Verfütterung der entsprechenden Menge fanden wir 1/2500; es war also nach dieser Berechnung

mindestens 1 : 2,5 der verfütterten Antitoxinmenge resorbiert, also ein recht erheblicher Prozentsatz.

Der zweite Teil meines Versuchsprogramms bestand nun darin, zu ermitteln, wieviel Antitoxin resorbiert wird, wenn man direkt das homologe antitoxische Serum (natürlich gemischt mit Muttermilch und unter Fortsetzung der natürlichen Ernährung) verfüttert. An einem anderen gleichaltrigen Fohlen zu experimentieren, war mir unmöglich und andererseits wäre der Einwand individueller Differenzen zwischen beiden Versuchstieren berechtigt gewesen, falls die Antitoxinresorption in diesem zweiten Versuch quantitativ ein anderes Ergebnis geliefert hätte. Ich beschloss daher an demselben Tier den Versuch fortzusetzen. Das Fohlen erhielt am 12., 13., 14., 15. und 16. 6. 08 je 10 ccm desselben Tetanusserums, das in der ersten Versuchsperiode das Muttertier subkutan erhalten hatte, also insgesamt 50 ccm = 250 A. E. Das Serum wurde gemischt mit der Muttermilch gereicht und von dem Fohlen gierig aufgenommen. Am 17. 6. wird dem Fohlen eine Blutprobe abgenommen. Im ganzen sind ihm also gereicht, wie erwähnt, 250 A. E. Man hätte also pro kcm Blutserum, falls alles resorbiert wäre, ca. $^1/_{50}$ A. E. erwarten können, oder falls die Resorption nur dem Resultat der ersten Versuchsperiode entsprochen hätte, mindestens 1/150 A. E. Tatsächlich aber enthielt das Fohlenblut vom 18. 6., also am Abschluss der zweiten Versuchsperiode, weniger als 1/10000 A. E., ja es war überhaupt keine Spur von Antitoxin mehr nachweisbar; also trotzdem in dieser zweiten Versuchsperiode ungefähr 20 mal mehr Antitoxin verfüttert war, hatte das Fohlen die Antitoxinmenge in seinem Blute nicht nur nicht vermehrt, sondern sogar bis auf 0 vermindert. Wir kommen also zu dem Schluss, dass in der Tat auch homologes Antitoxin unter den genannten Versuchsbedingungen nicht resorbiert wurde, wenn man es direkt dem jungen Tier als Serumeiweiss reichte, dass aber ganz beträchtliche

Mengen übergingen, wenn es in der Form antitoxisch-homologen Milcheiweisses ihm gereicht wurde.

Hier wäre aber ein Einwand möglich. Das Fohlen ist inzwischen älter geworden und die Bedingungen für eine Antitoxinresorption waren möglicherweise mit zunehmendem Alter ungünstiger geworden. Diesen Einwand musste ich um so mehr berücksichtigen, als ja von mir selbst der Nachweis stammt, dass mit zunehmenden Alter der Magendarmkanal undurchlässiger für Antitoxin wird. Man musste auch deshalb an die Berechtigung dieses Einwandes denken, als ja auch von dem in der Milch des Muttertieres noch immer vorhandenen (indirekten) Antitoxin anscheinend nichts resorbiert war. (Die Menge dieses Milchantitoxins hatte allerdings, wie eine Prüfung ergab, inzwischen stark abgenommen.) Um nun diesem Einwand zu begegnen, führte ich das Experimentum crucis aus. Ich erhöhte den Antitoxingehalt der Muttermilch von neuem dadurch, dass ich am 22. 6. 08 der Mutterstute wiederum 100 ccm des gleichen Tetanusserums = 500 A. E. injizierte. In der Tat erhöhte sich der Antitoxingehalt der Milch wieder, wenn auch nur auf etwa 1/4000 A. E. pro kcm, was sich wohl aus der Verminderung genuinen Molkenproteins mit zunehmender Laktationsdauer (eine physiologische Erscheinung) erklärt. Am 29. 6. 08 wurde dem dauernd mit dieser Muttermilch ernährten Fohlen wiederum eine Blutprobe abgenommen; es zeigte sich, dass in der Tat der Antitoxingehalt des Blutserums wieder gestiegen war; denn während sich am 18. 6. 08 keine Spur von Antitoxin mehr fand, liess sich jetzt etwa 1/25000 A. E. per ccm Serum nachweisen. Es ist also tatsächlich viel weniger Antitoxin übergegangen, als in der allerersten Versuchsperiode, was darauf hinweist, dass die Bedingungen für eine intestinale Antitoxin-Resorption auch des Milchantitoxins ungünstiger geworden waren. Diese dritte Vnrsuchsperiode zeigt aber, dass der Magendarmkanal für Milchantitoxin qualitativ noch durchlässig war. Nehmen wir so-

dann weiter hinzu, dass während dieser dritten Versuchsperiode das Fohlen noch älter geworden war, als in der zweiten, und dass demnach hier noch Antitoxin resorbiert wurde, wo in jener zweiten keine Spur übergegangen war, trotzdem mehr als 20 fach grössere Antitoxinmengen verfüttert wurden, so scheint mir der Schluss unabweislich, dass sich der Säugling bezüglich der intestinalen Resorption von Serumantitoxin einerseits und Milchantitoxin andererseits sehr verschieden verhält; letzteres wird resorbiert, ersteres nicht oder nur in verschwindend geringen Mengen.

Ich wiederhole noch einmal, dass weitere Versuche nötig sind, ehe dieser Satz eine gesetzmässige Formulierung erhalten darf. Ich habe aber bereits früher einmal eine ähnliche Beobachtung gemacht. Ein 21 Tage altes Fohlen von 80 Kilo Gewicht erhielt in 4 aufeinander folgenden Tagen je 7000 Diphtherieantitoxin-Einheiten, im ganzen also zirka 28000 A. E. in Form von antitoxischem Serum direkt stomachal. Man hätte im Blut also, falls das Antitoxin sämtlich resorbiert wäre, eine Zunahme von 7 A. E. pro kcm finden müssen. Der Antitoxin-Gehalt des Fohlenblutes, das durch vorhergehende Milchantitoxin-Fütterung bereits etwas antitoxisch war, war aber während dieser Serumantitoxin-Fütterungsperiode sogar gesunken. Hier fehlt allerdings das Experiment crucis, nämlich der Nachweis, dass zu dieser Zeit der Magendarmkanal des Fohlens für Milchantitoxin noch durchlässig war. Es ist aber zu beachten, dass dieses zweite Fohlen zur Zeit des Versuches nur 21 Tage alt war, während das Fohlen des zuerst mitgeteilten Versuches noch im Alter von ca. 6 Wochen Milchantitoxin intestinal resorbierte.

Auch in der eingangs citierten Arbeit Ehrlich's findet sich ein ähnlicher Hinweis; denn Ehrlich teilt mit, dass er durch Verfütterung von Organteilen gegen Abrin und Ricin hochimmuner Tiere nie auch nur die geringste Andeutung von Antikörpern im Blut der gefütterten Tiere

erzielte, selbst wenn er zu den Experimenten ganz junge Mäuschen verwandte. Vermutlich hat doch in diesem Experiment Ehrlich Organe immuner Mäuse verfüttert, d. h. auch homologes Antitoxin, das aber, wie wir jetzt mit noch mehr Recht vermuten dürfen, deshalb, weil es an Serum gebunden war, nicht zur Resorption gelangte. Ehrlich's scharfer Blick vermutete schon damals wohl mit Recht „den Schlüssel des Rätsels in der Eigenart der Milch."

Wir müssen uns nun die Frage vorlegen, handelt es sich hier um eine Eigenart der Milch an sich, oder handelt es sich nur um eine Eigenart der Muttermilch, d. h. verhält sich mit artfremder Milch eingeführtes Milchantitoxineiweiss bezüglich der intestinalen Resorption anders als mit artgleicher Milch verfüttertes Milchantitoxin?

Diese Frage müsste in der Tat erst ad hoc wieder geprüft werden, etwa mit der Versuchsanordnung, dass man beispielsweise jungen Fohlen antitoxische Pferdemilch und ein andermal antitoxische Kuhmilch mit etwa entsprechendem Antitoxingehalt verabreicht und nun studiert, wieviel in beiden Fällen zur Resorption gelangt, Versuchsbedingungen, die nicht ganz leicht zu verwirklichen sind. Ich muss aber hier noch einmal an die Arbeit Salge's erinnern, der menschliche Säuglinge mit diphtherieantitoxinhaltiger Ziegenmilch und 2 weitere mit typhusagglutininhaltiger Ziegenmilch, also mit heterologem Milchantitoxin bezw. heterologem Milchagglutinin fütterte. Die Versuche Salge's sind leider nicht ganz beweisend, da es sich in einem Teil der Fälle um zu alte Kinder handelt, in einem Fall um ein darmkrankes Kind und im letzten Fall endlich die Blutuntersuchung des Säuglings zu spät stattfand. Aus einer Reihe von Beobachtungen, die ich erst später mitteilen werde, glaube ich aber zu der Behauptung autorisiert zu sein, dass Salge trotzdem mit der Interpretation seiner Versuchsergebnisse Recht hat, und dass in der Tat nur artgleiches Milchantitoxin, nicht artfremdes Milchantitoxin intestinal vom Säugling

resorbiert wird, oder dass zum mindesten ein ganz erheblicher quantitativer Unterschied zwischen beiden besteht im Sinne einer bedeutend intensiveren Resorption des artgleichen Milchantitoxins.

Wir hätten es also mit einer Eigenart der Mutter-Milch zu tun und können somit für die Tatsache, dass bei Säuglingen antitoxisches Milcheiweiss mit der Muttermilch resorbiert wird, während im allgemeinen Antitoxin im Verdauungstractus durch die Verdauungsfermente zerstört und auch sonst nicht resorbiert wird, 2 Gründe verantwortlich machen:

1) die von mir festgestellte grössere Durchlässigkeit des Magendarmkanals für Antitoxin im allgemeinen und

2) eine Eigenart der Muttermilch, die so weit geht, dass sogar homologes antitoxisches Milcheiweiss sich bezüglich der Resorption anders verhält, als antitoxisches Serumeiweiss, das von der gleichen Tierart stammt.

Wir stehen also vor einer neuen und höchst geheimnisvollen Funktion der Milchdrüse.

Die moderne Pädiatrie hat wohl nicht mit Unrecht die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung der antitoxischen, baktericiden und sonstigen aktiven Milchstoffe gelenkt, die im allgemeinen an die genuinen Molkenproteine gebunden sind. Aus diesen Anschauungen heraus, für die besonders spricht, dass sie den praktischen Erfahrungen und nicht theoretischen Spekulationen entsprossen sind, ist in der letzten Zeit das Interesse für die Rohmilchernährung der Säuglinge wieder gewachsen, nachdem man so lange Jahre die Milch rein chemisch als ein totes Nährmittel betrachtet hatte. Aber jedem Kinderarzt ist weiter bekannt, dass auch die beste rohe Tiermilch nie die Mutterbrust dem Säugling ersetzen kann. Dass dies nicht nur deshalb der Fall ist, weil die Muttermilch in ihrer grob chemischen Zusammensetzung den jeweiligen Bedürfnissen des Säuglings am besten angepasst ist, sondern dass bisher nicht deutbare, ungekannte und des-

halb auch noch nicht künstlich nachzuahmende biologische Vorgänge die Hauptrolle spielen, dürfte heute wohl anerkannt sein.

Der Ihnen geschilderte Versuch beweist von neuem, wie fein die Milchdrüse arbeitet, wenn sie nützliche Stoffe, wie immunitätverleihende Antitoxine, die im Blute der Mutter in einer Form kreisen, in der sie der Säugling nicht (oder nur in minimalen Mengen) resorbieren könnte, so umzugestalten weiss, dass wenigstens in der ersten Säuglingsperiode diese nützlichen Stoffe fast quantitativ durch den Magendarmkanal hindurch ins Blut des Säuglings gelangen. Wie der Mechanismus dieser Umformung ist, darüber kann ich heute noch keine Angaben machen. Es wird mich dieses Problem noch weiter beschäftigen.

In der Sitzung vom 8. Juli sprach Herr Fr. Flade über

Einige Beobachtungen an passiven Eisenelektroden.

Als Passivität bezeichnet man beim Eisen und einigen anderen Metallen einen eigentümlichen Zustand in dem diese sich edler verhalten als es ihrer normalen Stellung in der Spannungsreihe entspricht. Man kann die Passivität besonders durch Einwirkung kräftiger Oxydationsmittel z. B. conc. Salpetersäure und durch anodische Polarisation herbeiführen. Von Muthmann und Frauenberger[1]) und besonders von Fredenhagen[2]) ist die Ansicht ausgesprochen worden, diese Passivität sei bedingt durch das Vorhandensein einer Metall-Sauerstofflegierung an der Oberfläche der passivirten Metalle. Wenn diese Annahme richtig ist, so ist zu erwarten das Reduktionsmittel einmal im Stande sein werden passives

---

[1]) Muthmann und Frauenberger, Sitzungsberichte der Kgl. Bayerischen Akademie 34,201 (1904).

[2]) Fredenhagen, Ztsch. f. phys. Chemie 43,1 (1903) n. 63,1 (1908).

Metall in den activen Zustand überzuführen unter Bedingungen bei denen bei Abwesenheit des Reduktionsmittels dieser Uebergang überhaupt nicht oder nicht so schnell erfolgt, zweitens wird man erwarten können, dass reduzierende Stoffe die Passivirung durch anodische Polarisation erschweren oder verhindern werden.

In der Litteratur konnte ich nur gelegentliche diesbezüglichen Angaben finden. Ich habe daher einige Versuche in dieser Hinsicht angestellt, zunächst nur qualitativ bei Zimmertemperatur mit Eisen in Form von weichem Draht, das sich in 0,1 n. Schwefelsäure befand und mit Wasserstoffsuperoxyd, schwefliger Säure und phosphoriger Säure als Reduktionsmitteln.

Der Eisendraht (Blumendraht) von 0,5 mm Durchmesser war in einer zur Spitze ausgezogenen Glasröhre mit Paraffin befestigt, so dass ein 5 mm langes Stück herausragte. Er tauchte in dem einen Schenkel eines weiten H-Gefässes in 0,1 n. Schwefelsäure. In dem anderen Schenkel befand sich eine grössere Platinblechelektrode in 0,1 n. Schwefelsäure die Chromsäure gelöst enthielt. Zwei Pfropfen aus Glaswolle verlangsamten die Diffusion. Eisen- und Platinelektrode waren durch einen äusseren Stromkreis leitend verbunden, in diesen waren noch ein ziemlich empfindliches Demonstrationsgalvanometer und eine Walzenbrücke mit einem End- und dem Gleitkontakt eingeschaltet. Die Brücke war von dem Strom zweier hintereinandergeschalteter Accumulatoren durchflossen. Befindet sich die Eisenelektrode im normalen activen Zustand, so geht bei geschlossenem Kreis und merklicher Stromstärke Eisen als Ferroeisen in Lösung, man sieht farblose Schlieren von der Elektrode herabsinken. Lässt man dann die von der Walzenbrücke abgenommene äussere Spannung von 0 an wachsen, so wächst die Stromstärke, es vermehren sich die Schlieren. Bei einer bestimmten unter sonst gleichen Bedingungen einigermassen konstanten Spannung wird dann die Elektrode passiv, die Stromstärke sinkt

erst langsam dann schneller, es beginnt Sauerstoffentwicklung, eine Schlierenbildung ist nicht mehr zu beobachten. Geht man mit der äusseren Spannung wieder zurück, so hört die Sauerstoffentwicklung auf, aber das Eisen bleibt längere Zeit hindurch passiv auch wenn die äussere Spannung null ist, wenn nur der Stromkreis zwischen Eisen- und Platinelektrode geschlossen bleibt. Bei dieser Versuchsanordnung genügt also der sehr schwache Eigenstrom der Kette: passives Eisen in. 0,1 n. Schwefelsäure—Platin in Chromsäure die Passivität längere Zeit (über Nacht) hindurch zu erhalten. Bei geöffnetem Stromkreis wird die Elektrode in kurzer Zeit aber nicht sofort activ. Durch Berühren mit einem activen Eisendraht kann man immer die Activität sofort herbeiführen.

Bei Gegenwart der Reduktionsmittel schon in relativ kleinen Concentrationen: 2 ccm 3 % Wasserstoffsuperoxyd, 2 ccm gesättigte schweflige Säure, 2 ccm phosphorige Säure 1,12 spec. G. auf 40—50 ccm 0,1 n. Schwefelsäure vermag der Eigenstrom der Kette die Passivität nicht zu erhalten. Innerhalb weniger Minuten wird die Elektrode activ, die Stromstärke steigt erst langsam dann schnell an, ganz entsprechend dem Anwachsen der Stromstärke treten Ferroschlieren auf. Ob die Passivität durch anodische Polarisation oder durch conc. Salpetersäure erzeugt war, ändert nur an dem zeitlichen Verlauf etwas, bei Salpetersäure-Passivität dauert das Activ-Werden meist etwas länger. Die Reduktionsmittel vermögen also im Sinne der Fredenhagenschen Theorie den Legierungssauerstoff aus dem passiven Eisen herauszuholen und es dadurch zu activiren.

Versucht man die active Elektrode durch anodische Polarisation in eines der Reduktionsmittel enthaltender Schwefelsäure zu passiviren, so gelingt dies in der Regel erst bei höheren Spannungen als bei sonst gleichen Bedingungen in reiner Schwefelsäure, jedoch ist dies bei der phosphorigen Säure nicht so ausgeprägt. Merkwürdiger Weise scheint aber

die Geschwindigkeit, mit der die Passivirung erfolgt, sobald die erforderliche Spannung angelegt ist bei Gegenwart eines Reduktionsmittels grösser zu sein als in reiner Schwefelsäure.[1])

Bei höheren Concentrationen der Reduktionsmittel (10 ccm) werden die Verhältnisse verwickelter. Es lässt sich mit der maximal an der Walzenbrücke abnehmbaren Spannung überhaupt keine absolute Passivität mehr erreichen. Neben der Sauerstoffentwicklung treten immer noch Schlieren auf, es gehen also dauernd merkliche Eisenmengen in Lösung, bei phosphoriger Säure sind sie farblos, aber bei Wasserstoffsuperoxyd und bei schwefliger Säure zeigen sie die Farbe der Ferriionen. Namentlich bei Anwendung der schwefligen Säure in noch höheren Concentrationen ist dieses Auftreten von Ferriionen sehr auffallend. Während von dem activen Eisen immer nur farblose Schlieren heruntersinken, treten während der Passivirung und vor allem unmittelbar nachdem auch die Sauerstoffentwicklung eingesetzt hat Schlierenwolken auf, die intensiv die Farbe der Ferriionen zeigen. Activirt man das Eisen durch Berührung mit einem Eisendraht, so verschwinden die Ferrischlieren sofort, es geht nur Ferroeisen in Lösung. Es scheinen in der grössere Mengen von schwefliger Säure enthaltenden 0,1 n Schwefelsäure gewissermassen zwei Arten von Passivität möglich zu sein: die eine charakterisirt durch eine lebhafte Bildung von Ferrischlieren und geringere Sauerstoffentwicklung, die andere durch wenig Ferrischlieren und lebhaftere Sauerstoffentwicklung bei ungefähr gleicher Stromstärke. Die erste tritt auf bei langsamer Passivirung, allmähliches Erhöhen der äusseren Spannung, die zweite bei rascher Passivirung, plötzliches Anlegen der Passivirungsspannung. Die erste kann auch in die zweite übergehen, wenn man mit der äusseren Spannung möglichst weit zurückgeht aber ohne dass Activirung eintritt

[1]) Die durch Zugabe der schwefligen bezw. phosphorigen Säure erhöhte Leitfähigkeit der Schwefelsäure wird natürlich nicht ohne Einfluss auf diese ganzen Vorgänge sein.

und sie dann wieder erhöht. Beide Zustände sind aber wohl als passive aufzufassen, denn beim Berühren mit einem Eisendraht ist ein deutliches Activirungsphänomen zu beobachten: die Stromstärke steigt sofort, Ferrischlieren und Sauerstoffentwicklung verschwinden, es sind nur Ferroschlieren zu sehen.

Bei der anodischen Polarisation der Eisenelektrode in Gegenwart der Reduktionsmittel überzieht sich das Eisen solange es noch activ ist mit einer schwarzen allmählich ziemlich dick werdenden Schicht. Kommt dann nach der Passivirung die Sauerstoffentwicklung in Gang, so blättert die Schicht in einzelnen Flocken ab. Ihre chemische Natur habe ich noch nicht genauer untersucht. Sie werden von der verdünnten Säure nur langsam gelöst. Man wird zunächst an ein Eisenoxyd denken. Ein Superoxyd wäre bei Gegenwart der Reduktionsmittel wol kaum beständig.

Die Bildung der Ferriionen und auch dieser Oxyde bei Gegenwart der Reduktionsmittel liesse sich vielleicht mit Oxydationswirkungen bei Gegenwart eines Acceptors vergleichen. Der an der Anode entladene und eventuell in das Eisen unter Bildung einer Legierung eingetretene Sauerstoff kann nur dann das Eisen mit merklicher Geschwindigkeit oxydieren, wenn gleichzeitig ein anderer oxydierbarer Stoff vorhanden ist.

Nähere Aufklärung dieser Verhältnisse hoffe ich an messenden Versuchen und an Versuchen mit anderen Reduktionsmitteln und anderen Metallen zu gewinnen.

Aufgelegte Schriften:

Geological Survey Canada.

1) Annual Report, v. XVI. 1904.
2) Summary Report for 1906.
3) General Index reports 1885—1906, 1908.
4) Falls of Niagara 1907.
5) Report Nr. 979. M'Connell, gold values Klondike etc. 1907.
6) „ „ 988. Leach, Telkwariver 1907.
7) „ „ 992. Collins, portion n. w. Ontario etc. 1908.

Amer. Naturalict. v. XLII, Nr. 497. Mai 1908.

Smithsonian Institution:

1) Annal astrophys. Observat. II. 1908.
2) Classifed list of the publicaten Mai 1908.
3) Bureau Amer. Ethnology. Bull. 35. W. Hough. 1907.

Bull. N. York Public Library, Juni 1908, vol. XII, Nr. 6.

Journal Elish. Mitchell Scientif. Soc. XXIV, 1. 1908.

Proceed. Amer. Acad. Arts & Sc. vol. XLIII, 16. Apr. 1908.

Un. St. Geological Survey.

1) Water-Supply v. Irrigation Papers, Nr. 207, 209, 210, 213, 214, 215, 216, 217.
2) Bulletins Nr. 309, 316, 319, 321, 322, 325, 326, 327, 330, 331, 333, 334, 336, 339.
3) 28. Ann. rep. of the Direktor. 1907.
4) Mineral resources 1906.

Bullet. Mus. comparal. Zoology, Harvard college.

1) vol. 49. Geological series 8, Nr. 7, 1908.
2) „ 52. Nr. 1, 1908.

Atti r. Acad. Lincei, s. 5. vol. XVII, fasc. 11. Juni 1908.

Atti Società ital. progr. delle scienze, 1. reunione, Parma, Roma 1908.

Arkiv Svenska Vet. Akad. Stockh.

1) for matematik etc. 4, 1—2, 1908.
2) „ kemi „ 3, 1, 1908.
3) „ botanik, 7, 1—2, 1908.
4) „ zoologi, 4, 1—2, 1908.

Bullet. Acad. imp. d. Sciences St. Pétersb. 6. S. 1908, Nr. 11.

Ärztl. Ver. München, Sitz. Bd. XVII. 1907, 1908.

Mitt. naturw. Ver. Steiermark, Bd. 43, 1906, Heft 1 und 2 1907.
„ 44, 1907, „ 1 „ 2 1908.

Verhandl. V. K. geol. Reichsanst. 1908, Nr. 2—6, 3 Hefte.

Verh. u. Mitteil. Siebenbürg. Ver. f. N.-W. Hermannstadt, Bd. 57, 1907.

Sitzungsberichte
der
Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften
zu
MARBURG

№ 7 August 1908

In der Sitzung vom 5. August hielt Herr Kutscher den Vortrag:

Zur Kenntnis der Elementaranalyse.

Hat man die Gold- und Platinchloridverbindungen organischer Basen zu analysieren, so ist es sehr erwünscht, wenn man bei der *C*- und *H*-Bestimmung gleichzeitig die Menge des Metalls, also des Goldes und Platins, das die Verbindungen enthalten, feststellen kann. Nimmt man die Verbrennung derartiger Doppelverbindungen jedoch in Verbrennungsröhren vor, die in üblicher Weise beschickt sind, so gelingt dies nicht, weil die chlorhaltigen Verbrennungsgase zurückschlagen und mit dem Kupfer der Kupferoxydspirale flüchtige Kupferverbindungen eingehen. Im weiteren Verlauf der Verbrennung werden diese flüchtigen Kupferverbindungen in den vorderen Teil des Verbrennungsrohres getrieben, schlagen sich hier auf den Gefässen, welche die zu verbrennende Substanz enthalten, nieder und gehen gegen Schluss der Verbrennung in Kupferoxyd über, das das Gewicht der platin- resp. goldhaltigen Gefässe in unbestimmter Weise erhöht.

Um diesen Uebelstand zu beseitigen habe ich die Beschickung des Verbrennungsrohres etwas geändert. Namentlich habe ich die hinter der zu verbrennenden Substanz liegende Kupferoxydspirale geteilt und durch eine Silberspirale von 7 cm Länge und eine kurze Kupferoxydspirale von 8 cm Länge ersetzt. Weiter habe ich vor die zu verbrennende Substanz eine kurze 5 cm lange Schicht von Silberdrehspänen gefügt. Auf diese kurze Silberschicht folgt nach vorne eine Schicht von 30 cm grobes Kupferoxyd, dann eine 5 cm lange Silberspirale und schliesslich eine Kupferspirale von 15 cm. Die einzelnen v o r der Substanz liegenden Schichten sind durch lockere Asbestpfröpfe von einander getrennt. Die beigefügte Abbildung erläutert die Beschickung des Verbrennungsrohres.

5 cm frei.
15 cm *Cu*-Spirale.
Asbestpfropf.
5 cm Silberspirale.
30 cm grobes *CuO*.
Asbestpfropf.
5 cm Silberdrehspäne.
Asbestpfropf.
10 cm frei zur Aufnahme des Schiffchens.
7 cm Silberspirale.
8 cm *CuO*-Spirale.
5 cm frei.

Füllt man die Verbrennungsröhren in der eben geschilderten Weise, so kann man in der Tat die chlorhaltigen Verbrennungsgase unschädlich machen, denn das Chlor wird durch das Silber zurückgehalten, es können sich keine flüchtigen Kupferverbindungen bilden und die Schiffchen, die zur Aufnahme der zu verbrennenden Substanz dienen, bleiben blank und zeigen keinen Beschlag. Durch Differenzwägung der Schiffchen lässt sich nun ohne Schwierigkeit der Gehalt der verbrannten Substanz an Gold feststellen. Die gewonnenen Goldwerte sind genau. Bestimmt man das Platin in den Platinchloridverbindungen,

dann erhält man häufig ebenfalls Werte, die mit den berechneten gut übereinstimmen, nicht selten findet man aber auch zu viel Platin, trotzdem das Schiffchen vollkommen blank ist und ein Beschlag von Kupferoxyd nicht nachweisbar ist. Die Ursache dieser Erscheinung soll noch näher verfolgt werden.

Auch silberhaltige Substanzen lassen sich natürlich in Verbrennungsröhren, die die geschilderte Füllung besitzen, gut verbrennen und geben genaue Silberwerte neben denen für Kohlenstoff und Wasserstoff.

Ferner hielt Herr Rieländer den Vortrag:

Beitrag zur Chemie des Gehirns.

Gelegentlich meiner chemisch-physiologischen Untersuchungen über die chemischen Bestandteile der Placenta (Ein Beitrag zur Chemie der Placenta. (Vorläufige Mitteilung.) Centralbl. für Gyn. 1907, Nr. 36.) war es mir gelungen, eine Substanz zu finden, welche grosse Aehnlichkeit mit einer von Kutscher aufgefundenen Base, dem Neosin ($C_6 H_{17} NO_2$), besass. Aus dieser Base gelang es Ackermann und Kutscher, durch Destillieren mit Baryt den Stickstoff in Form von Trimethylamin abzuspalten, wodurch deren Natur als Trimethylammoniumbase festgelegt wurde. Somit ist das Neosin in gleiche Reihe zu stellen mit dem Cholin, ebenfalls einer Trimethylammoniumbase, welchem die Formel $C_5 H_{15} NO_2$ zukommt.

Da durch das Vorkommen des Neosins in der Placenta die Möglichkeit gegeben war, dass es auch während des extrauterinen Lebens im Körper des Menschen vorkommen könne, stellte ich Untersuchungen an, ob sich etwa aus dem

Gehirn, dem lecithinreichsten Organe des Körpers, durch Spaltung mit Salzsäure das Neosin darstellen liesse.

Durch folgende Ueberlegungen wurde ich zu diesem Schlusse geführt. Das Cholin ist eine Komponente des im Körper sehr verbreiteten Lecithins, welches aus Fettsäure, Glycerin, Phosphorsäure und Cholin sich zusammensetzt. Frei wurde das Cholin im menschlichen Körper bisher nur einwandsfrei in der Rinde der Nebenniere und in der Placenta nachgewiesen. Vielleicht existierten im Körper Lecithine, welche das Neosin an Stelle des Cholins führen. Wenn dies der Fall war, so bot die Untersuchung des an Lecithinen äusserst reichen Gehirns am ehesten Aussicht auf Erfolg. Meine Voraussetzungen trafen jedoch, wie ich gleich eingangs bemerken möchte, nicht zu, denn ich konnte im Gehirn kein Neosin nachweisen, jedoch machte ich im Verlaufe meiner Arbeit einige Beobachtungen, deren Mitteilung von Interesse ist.

Als Ausgangsmaterial benutzte ich ein Gehirn (Gewicht 448 g.) eines geschächteten Ochsen; dasselbe wurde mit conc. Salzsäure (vom spec. Gewicht 1.19) 10 Stunden auf dem Wasserbade und weiterhin 8 Stunden auf dem Sandbade am Rückflusskühler erhitzt. Nach dem Erkalten der Flüssigkeit wurde abgesaugt, die reichlich ausgeschiedenen Fette blieben auf dem mit Kieselguhr bedeckten Filter zurück. Nach Verdünnung des Filtrates auf 2 Liter wurde mit Phosphorwolframsäure gefällt; die Phosphorwolframate wurden in bekannter Weise mit Baryt zersetzt. Beim Einleiten von Kohlensäure beobachtete ich ein merkwürdiges Verhalten der Flüssigkeit. Nachdem sie vorher von den Bariumwolframaten nur schwach gelb gefärbt abgelaufen war (Reaktion alkalisch), färbte sich die Flüssigkeit mit dem Sinken der Alkalescenz rot, ähnlich der Farbe einer alkalischen Phenolphtaleinlösung. Dieser eigentümliche Farbstoff, den ich Cerebrorubrin nannte, trat nur bei neutraler Reaktion auf. Bei Alkali- oder Säurezusatz schlug der Farbenton in Gelb um. Dieser Farbstoff ist nicht unbekannt, er wurde von Gorup-Besanez

in seinem im Jahre 1878 erschienenen Lehrbuch der physiologischen Chemie bereits erwähnt, scheint aber in Vergessenheit geraten zu sein.

Die spektroskopische Untersuchung zeigte bei starker Konzentration des Farbstoffs eine Absorption der Spektralfarben bis zum Rot. Bei Verdünnung stellte sich der verdunkelte Teil des Spektrums wieder her, ohne dass sich charakteristische Absorptionsbänder erkennen liessen.

Nach Ausfällung der Alloxurbasen mit 20 % Silbernitratlösung wurde das Filtrat nach dem bekannten Verfahren von Kossel und Kutscher auf Histidin und Arginin verarbeitet, das Cerebrorubrin ging in die Histidinfraktion über. Die gewonnene Menge Histidindichlorid betrug 0.5 g., Arginin 2.1 g.

Das Filtrat vom Argininsilber, welches Cholin und seine Homologen enthalten musste, wurde durch Zugabe von Salzsäure und Schwefelsäure vom überschüssigen Silber und Baryt befreit, abgesaugt und mit Phosphorwolframsäure gefällt. Die Lösung der von der Phosphorwolframsäure befreiten Basen wurde mit Pikrinsäure gefällt. Die gewonnenen Pikrate bestanden aus Lysinpikrat (6.5 g.).

Nach Entfernung der Pikrinsäure wurde das Filtrat vom Lysinpikrat mit Sublimat gefällt, aus dieser Fällung das Quecksilber als Schwefelquecksilber ausgeschieden und alsdann mit 30 % Goldchloridlösung fraktioniert gefällt.

Fraktion I. (2.1 g.) bestand aus reinem Cholingold, durch Umkrystallisieren veränderte sich der Goldwert nicht.

Fraktion II. (0.4 g.) gab ein höheres Goldsalz als Fraktion I, jedoch war diese Fraktion nicht einheitlich zusammengesetzt.

Fraktion III. (0.104 g.) gab bei der Analyse einen noch höheren Goldwert als II.

Die gleichen Untersuchungsresultate ergab ein weiterer Versuch, bei dem ich zwei Gehirne verarbeitete.

Aus dem soeben mitgeteilten lassen sich zwei Folgerungen ziehen. Es entstehen bei der Spaltung des Gehirns in der Tat bisher unbekannte Substanzen, welche sich wie Cholin und Neosin verhalten, jedoch widerspricht der hohe Goldwert dieser Verbindungen der eingangs gemachten Voraussetzung, dass sich in den Lecithinen des Gehirns Basen mit grösserem Molekül finden liessen, als es das Cholin besitzt. Im Gegenteil ist ihr Molekül kleiner, entsprechend dem höheren Goldwert ihrer Aurate.

Möglicherweise ist die in Fraktion II und III nachweisbare Substanz identisch mit der von Erlandsen (Zeitschr. für physiol. Chemie Bd. 51) aus dem Cuorin, einem Lecithin des Herzens, gewonnenen Base.

Zusammenstellung der aus einem Gehirn von 448 g. gewonnenen Körper:

Histidindichlorid	0.5 g.
Arginin	2.1 g.
Lysinpikrat	6.5 g.
Cholingoldchlorid	2.1 g.
Andere Aurate der Cholinfraktion: ca.	0.5 g.

Dann hielt Herr Arnt Kohlrausch (als Gast) den Vortrag:

Das Verhalten einiger physiologisch wichtiger Körper im tierischen Organismus.

Auf Veranlassung von Herrn Professor Kutscher habe ich im Wintersemester 1907/08 hier am physiologischen Institut Fütterungsversuche mit einigen organischen Körpern unternommen.

Zunächst mit Betain; ich habe das Betain gewählt, weil es sich im Pflanzenreiche weit verbreitet vorfindet, so in der Runkelrübe, im Teufelszwirn, in der Colanuss etc. Aber auch im Tierreiche hat man es nachweisen können, nämlich in der Miesmuschel und in Krabben.

Wir können das Betain zum Eiweiss in Beziehung bringen, und zwar auf folgende Weise: Das Eiweissmolekül setzt sich aus einer Anzahl Komponenten zusammen, die der Hauptsache nach amidierte Fettsäuren sind. Die einfachste derselben ist die Aminoessigsäure oder das Glykokoll $NH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$. Nun nehmen wir zur Zeit über den Auf- und Abbau des Eiweisses an, dass es zunächst im Magen-Darmkanal durch die Verdauungssäfte in seine Komponenten zerschlagen wird. Dieselben werden resorbiert und wahrscheinlich schon in der Darmwand wieder zu Körpereiweiss zusammengefügt. Nachdem das resorbierte Eiweiss kürzere oder längere Zeit Bestandteil des Körpers gewesen ist, wird es wieder über die Aminosäuren abgebaut, und diese weiterhin in Harnstoff übergeführt. Wir haben also die Kette: Eiweiss - Aminosäuren - Harnstoff. Ebenso wie das Eiweiss schliesslich zu Harnstoff abgebaut wird, werden auch die freien Aminosäuren bei Verfütterung normaler Weise schliess-

lich in Harnstoff übergeführt und verlassen in dieser Form den Tierkörper. Das trifft auch für das Glykokoll zu. Jetzt ist das Betain dem Glykokoll nahe verwandt, denn es ist Trimethylglykokoll:

$$\begin{matrix} H \searrow \\ H - N - CH_2 \cdot COO \\ H \nearrow \end{matrix} \quad , \quad \begin{matrix} CH_3 \searrow \\ CH_3 - N - CH_2 \cdot COO \\ CH_3 \nearrow \end{matrix}$$

Glykokoll Betain

Ausserdem ist es dem Cholin $(CH_3)_3 \cdot N \begin{matrix} \nearrow CH_2 \cdot CH_2\,OH \\ \searrow OH \end{matrix}$ und dem Neurin $(CH_3)_3 \cdot N \begin{matrix} \nearrow CH = CH_2 \\ \searrow OH \end{matrix}$ nahe verwandt, die nach Eingabe an Tiere in Harnstoff übergeführt werden sollen.

Man sollte also eigentlich erwarten, dass das Betain im Tierkörper das Glykokoll beim Aufbau des Eiweisses vertreten könnte und schliesslich in Harnstoff übergeführt im Harn ausgeschieden wird. Die Versuche haben aber Anderes ergeben.

Ich habe das Betain als Chlorid gegeben per os und subcutan an Pflanzen- und Fleischfresser (Kaninchen, Katze, Hund, Mensch) in täglichen Dosen von 1—2 g. Bei stärkeren Dosen wirkt es zunächst auf das Darmsystem und bewirkt Durchfall und starke Speichelsekretion, sodann giftig wahrscheinlich auf das Herz.

Zur Darstellung aus dem Harn fällt man es aus dem eingedampften erst mit Methyl — dann mit Aethylalkohol aufgenommenen Harn zunächst als unlösliches Quecksilbersalz aus, dann wird das Quecksilber mit Schwefelwasserstoff entfernt, das Filtrat mit Goldchlorid gefällt und das Goldsalz durch mehrfaches Umkristallisieren von Beimengungen gereinigt. Die Goldwertbestimmungen haben gezeigt, dass

es sich tatsächlich um Betain handelt, das also nach Eingabe in grösseren Mengen nicht, wie man erwarten sollte in Harnstoff übergeführt wird, sondern zum grossen Teil als Betain im Harn wiedererscheint.

Anders dagegen verhält sich das Betain, wenn man es dem Tierkörper nicht rein dargestellt, sondern durch Verfütterung von Rüben zuführt. Ich habe eine grössere Anzahl Kaninchen mehrere Wochen lang bei ausschliesslicher Runkelrübenfütterung gehalten und da fand sich im Harn keine Spur von Betain.

Nun ist das Betain in der Runkelrübe in irgend einer anderen unbekannten Form oder Bindung vorhanden, denn bei einfacher Extraktion der Runkelrüben ist die Ausbeute an Betain nur sehr gering. Wendet man aber vorher Spaltungsmittel wie Barythydrat an, so erhält man eine wesentlich grössere Menge Betain. In dieser unbekannten organischen Bindung in der Runkelrübe ist also das Betain für den Organismus angreifbar.

Weiter habe ich das Verhalten des Methylpyridylammoniumhydroxyds und des Trigonellins im Tierkörper näher untersucht. Ursache zu diesen Untersnchungen gab das Auffinden des Methylpyridylammoniumhydroxyds im Harn des Menschen. Dem Methylpyridylammoniumhydroxyd kommt folgende Formel zu

```
           CH
         //  \
       HC     CH
        |     ||
       HC     CH
         \\  /
           N
         /   \
      CH3     OH
```

Woher stammt nun dieser merkwürdige Körper? Neuere Arbeiten weisen auf unsere Genussmittel Tabak und Kaffee hin. Wir wissen nämlich, dass sich im gebrannten Kaffee Pyridin nachweisen lässt, das sich wahrscheinlich beim

Röstungsprozess bildet. Der gleiche Körper entsteht beim Verbrennen des Tabaks, wir müssen also beim Kaffeetrinken und Tabakrauchen Pyridin aufnehmen. Der Organismus kann nun das Pyridin, das eine cyklische Verbindung ist, nicht spalten und erwehrt sich des stark toxischen Pyridins, indem er es in das weniger giftige Methylpyridylammoniumhydroxyd umwandelt und in dieser Form ausscheidet. Sodann kommt dieser Körper im Kaffee selber vor und wird als solcher ausgeschieden. Drittens wäre das Trigonellin

$$CH$$
$$CH \quad C - CO$$
$$CH \quad CH$$
$$N$$
$$CH_3 \quad O$$

noch eine Quelle für das Methylpyridylammoniumhydroxyd.

Aber ich habe Trigonellin an Kaninchen und Katze subcutan gegeben und aus dem Harn wiedererhalten. Diese Quelle fiele also weg und es bleibt nur Pyridin und Methylpyridylammoniumhydroxyd selber.

Ich habe das Methylpyridylammoniumhydroxyd an dieselben Tierarten gegeben, und dabei gesehen, dass es in Dosen von $1^1/_2$—2 g stark toxisch wirkt und zwar durch Lähmung des Atemzentrums den Tod herbeiführt.

Die Darstellung aus dem Harn ist im wesentlichen dieselbe wie beim Betain, die des Trigonellins ist genau dieselbe. Ich habe auch wieder die Goldsalze analysiert, und zu den beiden Körpern stimmende Goldwerte erhalten.

Es sprach weiter Herr Rieländer über:

Einige neue Bestandteile des Extraktum Secalis cornuti.

Unter den innerlich angewendeten blutstillenden Mitteln gebührt noch heute den Mutterkornpräparaten eine hervorragende Stellung, und es ist ihre Wirksamkeit bereits durch eine durch Jahrtausende gehende Anwendung als sicher erwiesen. Schon die Hippokratiker wie die alten Chinesen bedienten sich ihrer, um Blutungen zu stillen; ein anderes Mittel stand ihnen nicht zur Verfügung, da sie die Blutleere durch Abschnürung und die Blutstillung durch Unterbindung der blutenden Gefässe noch nicht kannten.

Die blutstillende Wirkung der Mutterkornpräparate war eine durch Erfahrungen feststehende Tatsache, erst das 19. Jahrhundert brachte durch Tierversuche den experimentellen Beweis dafür. Dieselbe beruht auf einer Reizung der glatten Muskulatur der Gefässwand; auf gleiche Weise kommt es bei Einverleibung in die Blutbahn zu einer Zusammenziehung des Uterus. Trotzdem sich bei der Wichtigkeit der genannten Substanz bereits viele Forscher mit der Isolierung der wirksamen Bestandteile beschäftigten, ist es doch bisher noch keinem gelungen, ein unbestritten reines Präparat, dem die Wirkung des Mutterkornextraktes zukommt, darzustellen.

Das Secale cornutum ist ein Produkt der parasitären Wirkung von Claviceps purpurea Tulasne, einem Pilze aus der Familie der Pyrenomyceten, es kommt auf dem Roggen und anderen sowohl wild wachsenden als kultivierten Gräsern vor. Die Pharmakopoe verlangt zur Darstellung des Extraktes das Roggenmutterkorn, wohl aus dem Grunde, weil dieses am häufigsten vorkommt. Zu medizinischen Zwecken darf nur das voll entwickelte, frische, höchstens ein Jahr alte

Mutterkorn verwandt werden, da es sich sehr schnell unter Bildung von Trimethylamin zersetzt. Diese leichte Zersetzlichkeit ist jedenfalls auch die Ursache, warum die wirksamen Stoffe so schwer zu isolieren sind. Man hat beobachtet, dass frisch gewonnenes Mutterkorn, als reine Droge aufbewahrt, schon im November des Erntejahres eine zweifelhafte Wirkung besitzt, in dem der Juli-Augusternte folgendem März bereits ist die pharmakologische Wirkung verschwunden.

Wegen des grossen Interesses, welches das Secale für den Geburtshelfer besitzt, habe ich versucht, durch chemisch-physiologische Untersuchungen die Bestandteile des Mutterkorns zu studieren.

Bisher sind folgende pulverförmigen Substanzen aus dem Mutterkorn von den verschiedenen Autoren isoliert und in ihrer Wirksamkeit auf den Uterus geprüft worden:

Ergotinsäure von Zweifel und Kobert
Sklerotinsäure von Dragendorff und Podwissotzky
Sphazelinsäure von Kobert
Sphazelotoxin resp. Spasmotin von Jacoby
Ergotin und Ekbolin von Wenzell
die Kornutine von Kobert und Keller
die Ergotinine von Tanret und Gehe
Pikrosklerotin von Dragendorff
Klavin von Vahlen
Hydroergotinin von Kraft
Ergotoxin von Barger-Carr-Dale (nach Kehrer).

Diese Substanzen wurden von Dale-Barger-Carr genau nachgeprüft und mit einer von ihnen rein dargestellten Substanz, dem Ergotoxin, verglichen; sie wiesen nach, dass sämtliche in höherem oder geringerem Grade ein Gemisch von Ergotoxin und anderen Substanzen waren, speziell wurde das Clavin von Vahlen von ihnen als Leuzin gemischt mit Asparaginsäure bestimmt.

Im folgenden möchte ich kurz auf meine Untersuchungsmethoden eingehen: Als Ausgangsmaterial dienten mir 2 kg.

des käuflichen Extr. Sec. cornuti aquos. spiss. Da eine Fällung mit Tannin kein Resultat ergab, so wurde der dickflüssige Extrakt zur Reinigung mit Bleiessig gefällt. Alsdann wurde durch Fällung mittels Phosphorwolframsäure das Material in zwei grosse Fraktionen geteilt, von denen bisher der leichter zugängliche Teil, welcher mit Phosphorwolframsäure fiel, verarbeitet wurde.

Aus dem anderen mit Phw. nicht fällbaren Teile gewann ich nach der Entfernung der Phw. mittels Baryt und Ausscheiden des Baryts mittels Kohlensäure beim Eindampfen ein Kristallgemenge, welches in der Hauptsache aus Leuzin bestand, Tyrosin war in demselben nicht nachzuweisen. Das Leuzin wurde nach dem Verfahren von Habermann und Ehrenfeld aus dem Gemenge isoliert.

Aus der Phosphorwolframsäurefällung wurden nach Ausfällen der Phw. mit Baryt und des Baryts mit Kohlensäure durch Fällen mit Silber und Baryt verschiedene Fraktionen dargestellt, eine die Purinbasen enthaltende, eine Histidin- und eine Argininfraktion. Beide sind noch nicht völlig aufgearbeitet, erwähnt sei nur, dass ich ähnlich wie aus der Histidinfraktion der Placenta auch aus dem Secale Uracil 0.351 g. gewinnen konnte.

Nach Entfernung des überschüssigen Silbers und des Baryts fällte ich von neuem mit Phw. Aus dieser Fällung erhielt ich durch Fällen mit Pikrinsäure eine Fraktion, welche leicht- und schwerlösliche Pikrate enthielt. Aus den schwerlöslichen Pikraten wurde nach Zersetzung durch Salzsäure und Beseitigung der Pikrinsäure beim Aufnehmen mit Alkohol eine krystall. Substanz erhalten, welche als Chlorid des Pentamethylendiamins bestimmt wurde. Beim weiteren Verdunsten und Aufnehmen mit Alkohol wurde eine zweite krystall. Substanz gewonnen, welche als Tetramethylendiamin bestimmt wurde. Die Bestimmungen wurden nach Ueberführung in die Goldverbindung ausgeführt. Durch Fällen mit Platinchlorid konnte ich aus dieser Fraktion

eine weitere kristall. Substanz darstellen, welche sich als Gemisch von Penta- und Tetramethylendiamin erwies. Die Menge betrug 10.746 g. Ein Teil davon wurde in die Goldverbindung übergeführt.

Aus dem Filtrat der Pikrinsäurefällung konnte ich nach Beseitigung der überschüssigen Pikrinsäure durch Aufnehmen mit Methyl- und Aethylalkohol Betain gewinnen, und zwar als Goldsalz in einer Menge von 4.04 g.

Das von diesen Substanzen abgesaugte Filtrat wurde mit Quecksilberchlorid gefällt, diese Fällung enthielt reichlich Cholin, welches ebenfalls als Goldsalz rein dargestellt wurde, in Verbindung mit anderen noch nicht identifizierten Goldverbindungen. Jedenfalls befindet sich unter diesen auch wieder Pentamethylendiamin, denn aus dieser Fällung konnte ich nach Entfernung des Quecksilbers vermittels Schwefelwasserstoff beim Aufnehmen mit Alkohol eine kristall. Base gewinnen, deren Goldwert auf Pentamethylendiamin hinwies.

Des weiteren sollen nun diese Substanzen auf ihre physiologische Wirkung hin geprüft werden, es geschieht dies am überlebenden Katzenuterus, welcher in einem Gläschen mit Ringerscher Lösung aufgehängt wird und dessen Kontraktionen man nach Einwirkung der zu prüfenden Substanz auf ein Kymographion aufschreiben lässt.

Da des öfteren bei Injektionen von Secalepräparaten unter die Haut Nekrosen derselben beobachtet wurden, so war es von Interesse zu erfahren, welcher von den im Secale enthaltenen Substanzen diese nekrotisierende Wirkung zuzuschreiben ist. Ich habe bei Kaninchen mit Cholin und Betain diesbezügliche Versuche angestellt, konnte aber mit diesen beiden keine Nekrosen in der Haut hervorrufen.

Aufgelegte Schriften:

Un. St. Geol. Survey.
1. Water-Supply and Irrigat. Papers 80—87.
2. Profession. Papers, Nr. 9, 10, 13, 14, 15.

Carnegie Institution, Wash. Year Book Nr. 2. 1903.
Bullet. Univers. of Kansas, vol. IV, Nr. 8 und 6. 1903.
Smithsonian miscellan. collection.
1. M. Joüet, index liter. of Thorium. 1903.
2. vol. I, parts 1 u. 2. 1904.

Proceed. Amer. Philos. Soc., vol. XLII, Nr. 172, 174. 1902, 1903.
Proceed. Amer. Acad. Arts and Sc., vol. XXXIX, 13—14. 1904.
Jahrb. Ungar. Karpaten-Ver. XXXV. 1908.
Jahresber. Ges. Nat.-Heilkunde, Dresden. Sitz.-Ber. 1906—07.
Ver. Naturkunde Zwickau. XXXII. Jahresber. 1902. 1908.
Leopoldina 1908. Juni. Heft 44, Nr. 4 u. 6.
Mitteil. Verein. Naturfreunde Reichenberg. Jahrg. 38. 1908, nebst Rechenschaftsber. für 1906.
Bergens Museum Aarbog. 1908, 1. Heft.
„ „ Aarsberetning for 1907. 1908.
Bullet. Univers. Montana Nr. 46, 48.
Americ. Naturalist v. XLII. 495 u. 496. 1908.
Proceed. Amer. Philos. Soc. Philadelphia. XLVI. Nr. 187. 1907.
„ „ „ „ „ XLIX. 1908.
Field Columbian Museum. Public. 122, 123, 126. 1907; loses Titelblatt zu Geological Series, vol. II. 1903—07.
Proceed. Amer. Acad. Arts and Sc. vol. XLIII, Nr. 15. 1908.
Bullet. Mus. Compar. Zoology Harvard Coll. v. LI, Nr. 11, 12. 1908.
Bullet. New York Public Library. vol. XII, Nr. 5. 1908.
Smithsonian Miscell. Collections. vol. L, pub. Nr. 1780. 1908.
„ „ „ vol. LI (part of —) 1908.
Bullet. Scientif. Laborat. Denison Univ. Granville, Ohio. XIII, 1. 1905.
Mem. and Proceed. Manchester Lit. Philos. Soc. vol. 52, II. 1907—08.
Abh. Nat. Ver. Bremen. XIX. Bd., Heft 2. 1908.
Jahresbericht Nat. Ver. Magdeburg. 1904—1907.
Teubner, Verlagskatalog über Mathematik. 1908.
Bull. Soc. Portug. Sc. Nat. Lisbonne, Febr. 1908, vol. I, fasc. 4.
Bolet. Cuerp. Ing. Min. Peru, Nr. 56 u. 57. 1907, 1908.

Parergones Inst. Geologico Mexico, t. II, Nr. 1—3.
Revista Societ. Scient. S. Paulo, Nr. 1—8. 1907.
Archivos Mus. Nac. Rio Janeiro, vol. XIII. 1905.
Atti real. Acad. Scienze Napoli 1908, 2. ser., vol. XIII und
Atti r. Acad. Lincei Roma, v. XVII, fasc. 8—10. 1908.
Redicont., 3. ser., vol. XIV, Fasc. 1—3. 1908.
Bollet. Labor. Zoologia gen. Portici, vol. II. 1908.
Sapiski nat. Ges. Kiew, 1, XX, 3. 1908.
Bullet. Ac. St. Petersburg. 1908, Nr. 8, 9, 10.
Sitz.-Ber. Medic. Sect. Erdélyer Mus. Ver. XXXI, 1—3. 1906.
XXXII, 1—3. 1907.
Augustana Libr. Publ. Nr. 6. Rock Island, Ill. 1907.

Sitzungsberichte
der
Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften
zu
MARBURG

№ 8 Dezember 1908

In der Sitzung vom 9. Dezember 1908 sprach Herr Siebert:

Uber Erfahrungen bei der Züchtung von Tuberkelbazillen.

Bei Versuchen, die ich anstellte, um festzustellen, ob sich durch nachträglichen Zusatz von Natronlauge und von Glycerin zu einer Nährbouillon, auf der schon eine Zeit lang Tuberkelbazillen gewachsen waren, die Ausbeute an Bazillen und der toxische Wert der Bouillon steigern lässt, habe ich einige, für die Biologie der Tuberkelbazillen wichtige Feststellungen machen können.

Der Gang der Versuche war folgender: In Erlmeyer-Kölbchen wurden je 40 ccm Glycerinbouillon mit einem Gehalt von 3 Vol. % = 3,7 Gew. % Glycerin und einer Reaktion von 10 ccm Norm.-Lauge im Liter abgefüllt und sterilisiert. Ein Teil dieser Kölbchen wurde mit Tuberkelbazillen menschlichen Ursprungs (unserm Stamm Tb. 1), ein anderer Teil mit Rinder-Tuberkelbazillen (unserm Stamm Tb. 18) geimpft und mit einigen ungeimpft bleibenden Kölbchen im Brütraum bei 37 ° nebeneinander aufgestellt. Die beiden verwendeten Tb-Stämme waren schon jahrelang auf künstlichem Nährboden fortgezüchtet worden.

Der grössere Teil der Tb.-Kulturen blieb ohne weiteren Zusatz stehen. In je zwei Tb. 1- und Tb. 18-Kulturen wurde nach 16 Tagen, in je zwei anderen nach 39 Tagen durch Zusatz von steriler $\frac{N}{10}$ Natronlauge die ursprüngliche Reaktion wieder hergestellt. In je zwei weiteren Kölbchen wurde der Bouillon nach 39 tägigem Wachstum der Tb. ausser Natronlauge noch je 4,4 ccm 10 %ige sterile Glycerinlösung zugesetzt.

Die Untersuchung erstreckte sich auf Bestimmung der Reaktion der Nährbouillon, der Menge der Trocken-Tb., des Glycerins und des toxischen Wertes des gebildeten Tuberculins.

Über die Methoden, nach denen ich diese Bestimmungen ausführte, und über die Versuchsergebnisse im Einzelnen werde ich an anderer Stelle berichten. Im folgenden sollen meine Feststellungen nur summarisch wiedergegeben werden.

Reaktion der Nährbouillon.

Die alkalische Reaktion der Nährbouillon war bei beiden Tb.-Stämmen nach 39 tägigem Wachstum der Tb. in saure Reaktion übergegangen. Die am 39. Tage durch Zusatz von Natronlauge auf die ursprüngliche Reaktion (10 ccm N.-Lauge pro Liter) gebrachte Bouillon zeigte 36 Tage nach dem Zusatz der Lauge denselben Säuregrad, wie die ohne Zusatz gelassene Bouillon. Nach 75, 89 und 119 Tagen blieb die Reaktion der Bouillon fast konstant; sie schwankte bei Tb. 1-Bouillon zwischen 6 und 9 ccm, bei Tb. 18-Bouillon zwischen 6 und 7 ccm N.-Säure pro Liter. Als Indikator diente Lakmuspapier. Wird Phenolphthalein als Indikator benutzt, so erhält man Säurezahlen, die um annähernd 8 ccm N.-Säure pro Liter höher sind, als bei Verwendung von Lakmus.

Es war kein prinzipieller Unterschied bezüglich der Reaktion der Nährbouillon der beiden Stämme vorhanden.

Zwischen Reaktion einerseits, Ausbeute an Trocken-Tb. und Toxinbildung andererseits waren keine direkten Beziehungen zu konstatieren.

Ausbeute an Tuberkelbazillen.

Die Bazillen wurden bei 90° bis zum konstanten Gewicht getrocknet, kamen also als Trocken-Tb. zur Wägung.

Die Ausbeute erreichte bei dem Stamm Tb. 1 am 16. Tag, bei dem Stamm Tb. 18 am 39. Tag den Höhepunkt. Die Menschen-Tuberkelbazillen waren also schneller gewachsen, als die Rinder-Tuberkelbazillen. Ein wesentlicher Unterschied in der Maximalausbeute beider Stämme war nicht zu konstatieren.

Nach 75 Tagen war eine Verringerung der Ausbeute eingetreten. Nach 89 Tagen war die Ausbeute noch kleiner geworden und blieb von da ab konstant. Die Ausbeute an menschlichen Tuberkelbazillen ist um 33 %, die der Rinder-Tuberkelbazillen um 24 % zurückgegangen.

Vermutlich wird die Verringerung der Ausbeute an Tb. bei längerer Berührung der Tb. mit der Nährbouillon auf autolytische Vorgänge zurückzuführen sein, wie solche durch Emmerich und Löw, durch Conradi, durch Malfianto u. a. bei anderen Bakterienarten nachgewiesen sind. Vielleicht handelt es sich aber bei der Verringerung der Ausbeute an Tb. nur um eine, auf osmotischen Vorgängen beruhende Auslaugung der Bazillen.

Durch nachträglichen Zusatz von Natronlauge zur Nährbouillon wurde die Ausbeute nach gleich langem Wachstum der Tb. annähernd verdoppelt, durch nachträglichen Zusatz von Natronlauge und Glycerin um das 2,8fache vermehrt.[1])

Glycerinbestimmung.

Das Glycerin wurde nach der Methode von Shukoff und Schestakoff bestimmt.

---

1) Spätere Versuche haben ergeben, dass man die Ausbeute an Tb. auch dadurch vergrössern kann, dass man der Nährbouillon statt des nachträglichen Zusatzes von NaOH von vornherein ein Stück Marmor zusetzt und nur Glycerin ergänzt.

Die in diesen Versuchen benutzte Nährbouillon enthielt wie oben angegeben in 100 ccm 3,7 g Glycerin. In zwei Kölbchen, die neben den geimpften Kölbchen bei 37 ° ungeimpft aufbewahrt worden waren, bestimmte ich nach 97 Tagen die Glycerinmenge und fand in dem einen Fall 3,58 % im andern 3,65 % Glycerin. Aus diesem Versuch geht hervor, dass durch die wochenlange Aufbewahrung der Glycerinbouillon bei 37 ° der Glyceringehalt nicht beeinflusst wird. Ferner spricht dieser Versuch für die Brauchbarkeit der benutzten Methode der Glycerinbestimmung.

In der ohne nachträglichen Zusatz von Glycerin und Natronlauge gelassenen Bouillon ist der Glyceringehalt nach 75 Tagen bei dem Stamm Tb. 1 auf 1,12 %, bei dem Rd.-Tb.-Stamm auf 1,53 % zurückgegangen und ist nach 89 und 119 Tagen annähernd derselbe geblieben.

Der erneute Zusatz von Natronlauge hat einen wesentlichen Einfluss auf den Glycerinverbrauch gehabt. In dem Nährboden, dem nach 39 tägigem Wachstum Lauge zugesetzt worden war, war 36 Tage später das Glycerin fast völlig verschwunden, es war infolge stärkeren Wachstums der Tb. von diesen aufgezehrt worden. In der Nährbouillon, die am selben Tage ausser Natronlauge noch neues Glycerin zugesetzt erhalten hatte, war 36 Tage nach diesem Zusatz von den im ganzen zugesetzten 1,92 g Glycerin in der Tb. 1-Bouillon nur noch 0,212 g, in der Rd.-Tb.-Bouillon 0,347 g vorhanden. 50 Tage nach dem Glycerinzusatz konnten auch hier nur noch Spuren von Glycerin nachgewiesen werden.

Zwischen den Menschen-Tb. und Rinder-Tb. konnte insofern ein Unterschied bezüglich des Glycerinverbrauchs konstatiert werden, als erstere durchweg mehr Glycerin verbrauchten wie letztere.

Welche Rolle spielt nun der Glycerinverbrauch beim Wachstum der Tuberkelbazillen und wodurch ist die Verschiedenheit im Glycerinverbrauch der Menschen- und Rindertuberkelbazillen zu erklären?

Schweinitz und Dorset haben bei der Untersuchung von Tuberkelbazillen verschiedener Herkunft aus schwach virulenten Menschen-Tb. (also aus Tb., die unserm Stamm Tb. 1 entsprechen) 37,41 % in Aether, Alkohol und Chloroform lösliche Stoffe, also fett- und wachsartige Körper, aus Rd.-Tb. 26,32 % solcher Stoffe isoliert. Wenn wir annehmen, dass das Glycerin zur Bildung dieser Körper verbraucht wird, so würden diese Zahlen in einfacher Weise den Mehrverbrauch von Glycerin bei unserm Stamm Tb. 1 erklären, die Menschen-Tb. bilden mehr Fett, als die Rinder-Tb. und verbrauchen deshalb mehr Glycerin.

Auch die oft gemachte Beobachtung, dass Rd.-Tb. weniger säurefest sind als Menschen-Tb. erklärt sich vielleicht in derselben Weise, vorausgesetzt, dass die Annahme, dass die Säurefestigkeit durch den Fettgehalt bedingt wird, richtig ist.

Ich habe mich vergeblich bemüht, in der Literatur eine Angabe darüber zu finden, dass der tierische oder planzliche Organismus in der Lage ist, aus Glycerin direkt Fett aufzubauen. Trotzdem scheint mir meine Annahme, dass der Glycerinverbrauch mit der Bildung von Tb.-Fett und Wachs in Beziehung steht, nicht von der Hand zu weisen zu sein, wenn man folgendes erwägt. Es ist in zahlreichen Fällen die Bildung von Kohlehydraten aus Glycerin nachgewiesen worden. So haben Cremer und später Lüthje nachgewiesen, dass unter bestimmten Versuchsbedingungen durch den tierischen Organismus Glycerin in Glukose verwandelt werden kann. Bertrand fand, als er die von Berthelot gemachte Beobachtung, dass Hodengewebe Glycerin in Zucker umwandelt, nachprüfte, dass diese Umwandlung von Glycerin in einen reduzierenden zuckerartigen Körper in der Tat stattfindet, dass sie aber nicht durch das Hodengewebe sondern durch einen Mikroorganismus veranlasst wird. Maurent hat gezeigt, dass etiolierte Kartoffelkeime aus Glycerin Stärke zu bilden vermögen.

Also die Möglichkeit der Bildung von Kohlehydraten aus Glycerin ist gegeben. Und dass weiter aus Kohlehydraten Fett gebildet wird, ist eine bekannte und feststehende Tatsache.

Die Tuberkelbazillen enthalten aber neben Fett auch Wachs. Liegt nun da die Annahme nicht nahe, dass — ähnlich wie das Bienenwachs ein Produkt der Verdauung zuckerhaltiger Nahrung der Biene ist — das Wachs der Tuberkelbazillen ein durch diese veranlasstes Produkt der Umwandlung des Glycerins bezw. des aus diesem gebildeten Zuckers zu betrachten ist?

Die Annahme, dass Glycerin in der Tb.-Nährbouillon zunächst in Kohlehydrate übergeführt wird, erhält noch dadurch eine Stütze, dass nach Proskauer und Beck in der Nährbouillon Glycerin durch Stärke oder Fruchtzucker ersetzt werden kann.

Tuberculinwirkung der Tb.-Filtrate

Die Tuberculinwirkung der Nährbouillon wurde an Meerschweinen bestimmt, die sechs Wochen vor Ausführung der Bestimmung mit Tuberkelbazillen inficiert worden waren.

Ein Vergleich der erhaltenen Tuberculinwerte der Bouillonfiltrate mit der Menge der auf ihnen gewachsenen Trocken-Tb. ergibt, dass der Toxingehalt einer Tb.-Bouillon mit der Zunahme der auf ihr gewachsenen Tb. grösser wird. Dieselbe Beobachtung wurde schon vor mehreren Jahren durch Römer gemacht und im Heft 6 der Behring'schen Beiträge zur experimentellen Therapie veröffentlicht.

Ferner hat sich gezeigt, dass der zur Erzielung eines stärkeren Tb.-Wachstums erfolgte Glycerinzusatz keinen nachteiligen Einfluss auf die Toxinbildung hat. Die erhaltenen hohen toxischen Werte der mit nachträglichem Glycerinzusatz versehenen Bouillon lassen vielmehr einen günstigen Einfluss auf die Toxinbildung erkennen, allerdings wird die Erhöhung des toxischen Wertes wohl nur indirekt durch den Glycerinzusatz veranlasst, indem zunächst durch denselben stärkeres

Wachstum der Tb., und erst hierdurch höherer Toxingehalt der Nährbouillon erreicht wird.

Um die Stärke des durch Tb. 1 und des durch Rd.-Tb. gebildeten Tuberculins zu vergleichen, stellte ich die in dieser Richtung vergleichbaren Werte zusammen. Als vergleichbar können nur die Tb.-Gifte betrachtet werden, die unter denselben Bedingungen gewonnen sind und auf denen annähernd dieselben Mengen Tb. gewachsen sind. Ein solcher Vergleich ergab, dass die Nährbouillon, auf der unsere Rinder-Tuberkelbazillen gewachsen waren, giftiger war, als die Nährbouillon der Menschen-Tuberkelbazillen.

Schlusssätze.

I. Die beiden untersuchten Tb.-Stämme bilden bei ihrem Wachstum auf Glycerinbouillon Säure.

II. Es besteht kein prinzipieller Unterschied in der Säurebildung zwischen dem untersuchten Tb.-Stamm menschlicher Herknnft und dem untersuchten Rinder-Tb.-Stamm.

III. Bei der Züchtung von Tb. auf Bouillon wird die Ausbeute an Tb. grösser, wenn die gebildete Säure durch Natronlauge neutralisiert wird.

IV. Die Tb. verbrauchen bei ihrem Wachstum auf Glycerinbouillon erhebliche Mengen Glycerin, so dass man sie als „Glycerinfresser" bezeichnen kann.

V. Durch Ergänzen des Glycerins in der Nährbouillon kann die Ausbeute an Tb. vergrössert werden.

VI. Werden die Tb. mit der Nährbouillon in Berührung gelassen, nachdem sie das Maximum des Wachstums erreicht haben, so nimmt die Ausbeute an Bazillen ab.

VII. Der Grad der Giftigkeit der Tb.-Bouillon nimmt zu mit der Zunahme der Menge der auf ihr gewachsenen Tb.

VIII. Der untersuchte Rinder-Tb.-Stamm erzeugt ein stärkeres Gift, als der untersuchte Tb.-Stamm menschlicher Herkunft.

Weiter hielt Herr F. A. Schulze den Vortrag:

Die Abhängigkeit des Verhältnisses $\varkappa$ der spezifischen Wärmen von Gasen von Druck und Temperatur.

Die kinetische Gastheorie liefert für das Verhältnis $\varkappa$ der spezifischen Wärme c_p bei konstantem Druck zu derjenigen c_v bei konstantem Volumen für ideale Gase den Wert:

$$\varkappa = \frac{c_p}{c_v} = 1 + \frac{2}{3} \frac{U_p}{U_p + U_r},$$

wobei U_r, bez. U_p die lebendigen Kräfte der intramolekularen, bez. der progressiven Bewegung sind, oder wenn man setzt $\frac{U_r}{U_p} = \beta$:

$$(1) \quad \ldots \quad \varkappa = \frac{c_p}{c_v} = 1 + \frac{2}{3(1+\beta)}.$$

β kann hierbei eine Funktion der Temperatur und des Druckes sein. Für einatomige Moleküle ist $\beta = 0$, $\varkappa = 1{,}67$.

Wenn die Moleküle starre Rotationskörper sind, ist $\beta = \frac{2}{3}$, $\varkappa = 1{,}40$, wenn sie von Rotationskörpern verschiedene starre Körper sind, ist $\beta = 1$, $\varkappa = 1{,}33$ (Boltzmann). Geht man dagegen von der Annahme aus, dass (Maxwell) die Atome in der Molekel frei beweglich sind, so ist bei zweiatomigen Gasen $\beta = 1$, $\varkappa = 1{,}33$, bei dreiatomigen $\beta = 3{,}5$, $\varkappa = 1{,}222$ etc.

Der Ausdruck (1) für $\varkappa$ ist hergeleitet unter der Annahme, dass das Gas den idealen Gasgesetzen folgt.

Ist das Gas nicht ein ideales Gas, so gilt (1) nicht mehr streng. Zur Berechnung von $\varkappa$ ist dann die Zustandsgleichung des Gases zu Hülfe zu nehmen. Befolgt das Gas die van der Waals'sche Zustandsgleichung,

$$\left(p + \frac{a}{v_2}\right)(v - b) = R\vartheta,$$

so berechnet sich für $\varkappa$ der Wert:[1])

$$(2) \quad . \quad . \quad \varkappa = 1 + \frac{2}{3\,(1+\beta)\left[1 - \frac{2a\,(v-b)^2}{R\vartheta v^3}\right]}$$

Es ist von Interesse zu prüfen, wie weit diese Gleichung mit den experimentellen Ergebnissen in Einklang steht.

Es steht hierfür, namentlich an Versuchen aus den letzten Jahren, ein ziemlich reiches Versuchsmaterial zur Verfügung.

Es soll dabei zunächst die Annahme gemacht werden, dass β von Druck und Temperatur unabhängig ist, wie es ja auch, wenigstens in ziemlich weiten Grenzen, wahrscheinlich ist.

Für ideale Gase müsste dann der Wert von $\varkappa$ ganz unabhängig von Druck und Temperatur sein.

Diejenigen Versuche, aus denen sich am besten ein Vergleich zwischen Berechnung und Experiment gewinnen lässt, weil extrem hohe Drucke zur Anwendung kamen, sind die sorgfältigen Bestimmungen von $\varkappa$ für Luft bei 0^0 und $-79{,}3^0$ zwischen Drucken von 1 bis 200 Atmosphären durch Herrn P. P. Koch.[2])

Zur Berechnung von $\varkappa$ nach (2) ist gesetzt $a = 0{,}00251$, $b = 0{,}00154$. Ferner ist angenommen, was eine, allerdings nur äusserst geringe, Unsicherheit bedingt, $\beta = \frac{2}{3}$.

In der Tab. 1 sind die so berechneten Werte mit den von P. P. Koch, sowie mit den von M. Witkowski[3]) gefundenen zusammengestellt.

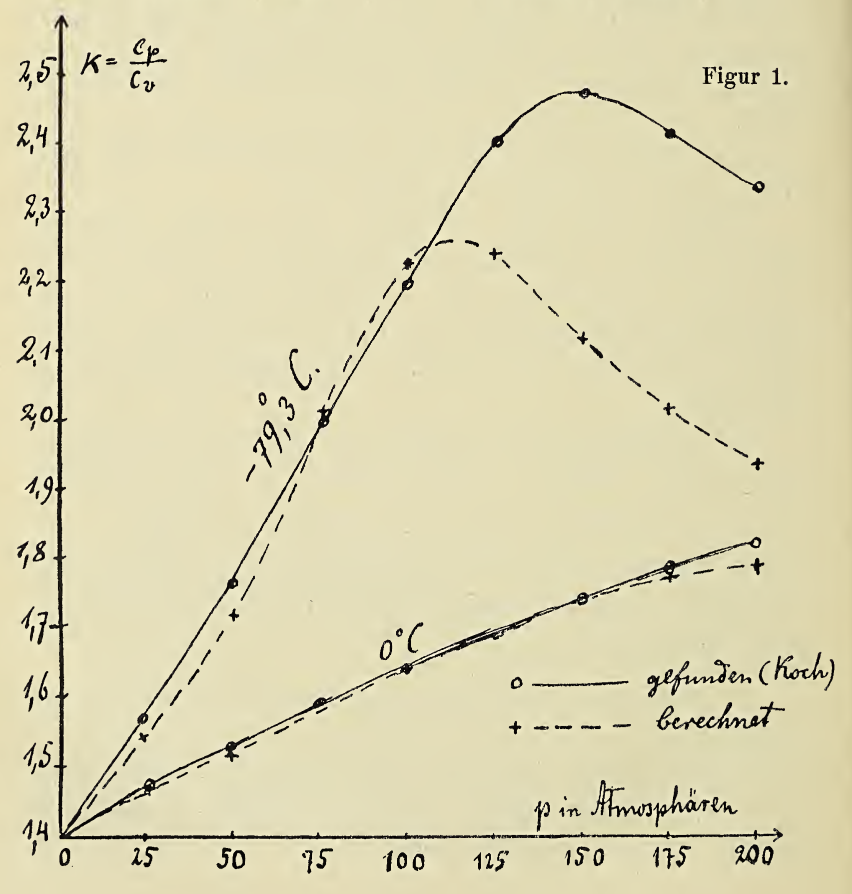
1) L. Boltzmann, Vorlesungen über Gastheorie, II. Teil, p. 53. Leipzig 1898.

2) P. P. Koch, Sitz.-Berichte d. Kgl. Bayr. Akad. der Wissensch. II. Kl. **23.** Bd., II. Abt. 1907; Ann. d. Phys. **26.** 551. und **27.** 311. 1908.

3) M. Witkowski, Anzeiger der Akad. in Krakau, p. 138. 1899; Journal de Phys. (3) **5.** p. 123. 1896.

Tabelle 1.

	0° C.			— 79,3° C.		
p in Atmosph.	$\varkappa$ ber.	$\varkappa$ gef. Koch	$\varkappa$ gef. Witk.	$\varkappa$ ber.	$\varkappa$ gef. Koch	$\varkappa$ gef. Witk.
1	1,400	(1,4053)		1,404	1,405	
25	1,467	1,473	1,47	1,546	1,569	1,58
50	1,512	1,530	1,53	1,720	1,767	1,79
75	1,583	1,593	1,58	2,016	2,001	2,06
100	1,640	1,646	1,64	2,215	2,200	2,30
125	1,690	1,690		2,230	2,402	
150	1,737	1,739		2,119	2,469	
175	1,770	1,783		2,015	2,413	
200	1,791	1,828		1,939	2,333	



Figur 1.

In Fig. 1 sind die von P. P. Koch beobachteten und die nach (2) berechneten Werte von $\varkappa$ graphisch dargestellt. Die Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung ist für 0^0 in dem ganzen Druckgebiet bis zu 200 Atm. eine vorzügliche zu nennen. Die grösste Abweichung, bei 200 Atm., beträgt nur etwas über 2 %, und ist sonst noch beträchtlich kleiner. Immerhin ist jedoch zu erkennen, dass die Abweichungen mit steigendem Druck zunehmen.

Für — $79{,}3^0$ ist die Übereinstimmung bei nicht zu hohen Drucken ebenfalls eine hervorragend gute; bis zu einem Druck von etwa 100 Atm. beträgt die Abweichung nur 1 bis 2 %. Von da an jedoch nehmen die Unterschiede schnell mit wachsendem Druck zu. Bei 200 Atm. beträgt er etwa 18 %.

Ferner liegt bei — $79{,}3^0$ nach der Beobachtung ein Maximum von $\varkappa$ bei etwa 150 Atm., während es nach der Berechnung bei etwa 125 Atm. liegt.

Aus der Kombination der Zustandsgleichung von van der Waals mit Formeln der Thermodynamik hat bereits früher Herr P. P. Koch erschlossen, dass $\varkappa$ ein Maximum besitzt, das bei 0^0 oberhalb 200 Atm., bei — $79{,}3^0$ bei ca. 125 Atm. liegt.

Die Abweichungen, die bei — $79{,}3^0$ oberhalb eines Druckes von 100 Atm. existieren, können ihren Grund haben entweder in der Veränderlichkeit des als konstant angenommenen Wertes von β, oder darin, dass die van der Waals'sche Formel in diesem Gebiet das Verhalten der Luft nicht mehr exakt wiedergibt, oder endlich in beiden Ursachen.

Die erste Ursache, die Veränderlichkeit von β, ist hier massgebend. Es sind nämlich die Resultate, die P. P. Koch bei der Messung von v in seiner Abhängigkeit vom Druck für Luft bei — $79{,}3^0$ C. erhalten hat, bis zu dem höchsten Druck von 200 Atmosphären, mit grosser Genauigkeit in Übereinstimmung mit den Werten, die man aus der van der Waals'schen Formel mit den hier benutzten Werten der Konstanten a und b erhält ($a = 0{,}00251$, $b = 0{,}00154$).

Die folgende kleine Tabelle enthält den Wert, den man unter Benutzung der Koch'schen Messungen für den Ausdruck $\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b)$ bei verschiedenen Drucken bekommt. Dieser zeigt sich fast konstant und im Mittel gleich dem theoretischen Wert 0,711.

p	$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b)$	p	$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b)$
1	0,712	125	0,727
25	0,713	150	0,719
50	0,713	175	0,709
75	0,723	200	0,683
100	0,728		

Die Abweichungen betragen im Höchstfalle etwa 4 %. Eine geringfügige Änderung des Zahlenwertes von b könnte die Übereinstimmung noch verbessern. Jedenfalls können also die grossen Abweichungen, die zwischen Beobachtung und Rechnung bei — 79,3° C. für Drucke über 100 Atmosphären eintreten, nicht auf Versagen der van der Waals'schen Gleichung beruhen; sie können nur erklärt werden, wenn man annimmt, dass β abnimmt, d. h. die intramolekulare Energie tritt allmählich mit wachsendem Druck zurück gegen die progressive des Moleküls.

Während bei 100 Atmosphären β noch nahezu den normalen Wert 0,667 hat, nimmt es bei 125, 150, 175, 200 Atmosphären die Werte an: 0,548, 0,437, 0,392, 0,381.

Bestimmungen von $\varkappa$ für Luft bei Temperaturen in der Nähe der durch flüssige Luft erreichbaren sind bei Atmosphärendruck angestellt von S. R. Cook.[1]) Die von ihm bei dem in cm *Hg* gemessenen Druck p und der absoluten Temperatur ϑ erhaltenen Werte sind folgende:

1) S. R. Cook, Physical Review **23**. p. 212—237. 1906.

p	ϑ	$\varkappa$
—	117,5°	1,386
74,38	94,8	1,370
74,50	92,5	1,337
74,36	90,7	1,342
73,47	93,5	1,300
73,22	91,5	1,333
—	92,0	1,375

Die Rechnung nach (2) liefert für $p = 7{,}40$ cm *Hg* und $\vartheta = 92{,}0^0$: $\varkappa = 1{,}402$.

Es ist wohl zweifelhaft, ob bei dieser Temperatur das Gesetz von van der Waals noch mit den benutzten Konstanten richtig ist.

Extreme Verhältnisse, die bedeutende Abweichungen des Wertes von $\varkappa$ von dem normalen für Atmosphärendruck und 0^0 gefundenen Wert $\varkappa_0$ vermuten lassen, liegen noch vor in den Bestimmungen von $\varkappa$ von Stickstoff bei der Temperatur der flüssigen Luft ($\vartheta = 82$) durch S. Valentiner.[1])

Mit den Werten $a = 0{,}00259$, $b = 0{,}001665$, $\beta = \frac{2}{3}$ sind die Zahlen der Tab. 2 berechnet.

Es sind nur die Zahlen $\frac{\varkappa}{\varkappa_0}$ angegeben, da Valentiner nur diese Verhältnisse bestimmt hat.

Tabelle 2. *(N)* $\vartheta = 82^0$.

p in Atm.	$\frac{\varkappa}{\varkappa_0}$ ber.	$\frac{\varkappa}{\varkappa_0}$ beob. Valent.
$\frac{1}{3}$	1,009	1,012
1	1,018	1,030
$\frac{3}{2}$	1,029	1,050

1) S. Valentiner, Ann. d. Phys. **15**. 74. 1904; Sitz.-Bericht d. Kgl. Bayr. Akad. d. Wiss. **33**.

Die beobachteten Werte sind hier grösser als die berechneten.

Die übrigen, mir bekannt gewordenen Bestimmungen von $\varkappa$ bei anderen als den Normalverhältnissen, beziehen sich auf die Änderungen von $\varkappa$ bei Atmosphärendruck mit steigender Temperatur. Da sich die Gase hierbei nahe dem idealen Zustand befinden, sind die Änderungen, die $\varkappa$ hierbei erfährt, nur gering, wie sowohl die Berechnung als auch die grosse Mehrzahl der Beobachtungen ergibt. Sie sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Tabelle 3.

CO_2 · 1 Atm. berechnet mit $\beta = 1$, $a = 0{,}00874$, $b = 0{,}0023$.

Temperatur	$\varkappa$ berechnet	$\varkappa$ gefunden		
		Buckendahl[1])	Fürstenau[2])	Wüllner[3])
0°	1,3389	1,2990		1,3113
15°			1,3008	
100°		1,2983		1,2843
149°			1,2946	
190°			1,2900	
273°	1,3348			
284,5°			1,2842	
300°		1,2983	1,2736	
393,2°				
484,5°			1,2506	
500°		1,2981		
546°	1,3340			
770°		1,2936		
819°	1,3337			
945°		1,2906		
1080°				
1092°	1,3336	1,2899		

1) O. Buckendahl, Inaug.-Diss. Heidelberg 1906.
2) R. Fürstenau, Berlin 1908. Trenkel.
3) A. Wüllner, Wied. Ann. 4. 321. 1878.

Die Berechnung nach (2) gibt also von 0° bis ca. 1100° eine Abnahme von $\varkappa$ um nur etwa $^1/_2$ %.

Am nächsten diesem Werte kommen die Messungen von Buckendahl, die auf dasselbe Temperaturintervall eine Abnahme um ca. 1 % ergaben.

Erheblich grösser ist dagegen die Abnahme von $\varkappa$ nach den Messungen von Fürstenau, nach welcher sie ca. 5 % auf 500° beträgt, und nach den Messungen von Wüllner, wonach von 0° auf 100° eine Abnahme von $\varkappa$ um bereits 3 % stattfindet.

Natürlich kommen hier wesentlich die Änderungen von $\varkappa$, nicht die absoluten Werte in Betracht.

Luft.

Für Luft liefert die Berechnung eine Abnahme von $\varkappa$ um ca. 0,15 % von 0° bis 1100°.

Wüllner fand eine Abnahme um noch nicht 1 ‰ bei Steigerung der Temperatur von 0° auf 100°. Nach den Messungen von Kalähne[1]) ist $\varkappa$ bei 700° ca. 0,4 %, bei 900° ca. 0,6—0,7 % kleiner als bei 0°. Fürstenau endlich findet eine Abnahme von $\varkappa$ um 0,2 %, wenn die Temperatur von 0° auf 527° steigt.

N.

Für Stickstoff nimmt nach (2) $\varkappa$ auf das Intervall von 0° bis 1000° um ca. 0,15 % ab, nach Buckendahl beträgt die Abnahme in diesem Temperaturintervall 0,56 %.

Schliesslich liegen noch die Messungen von Fürstenau bei Äthylchlorid und SO_2 vor.

Für Äthylchlorid ($a = 0,0217$, $b = 0,00386$) liefert (2) eine Abnahme von $\varkappa$ um 0,4 %, für 0° und 273°. Zwischen 0° und 280,6° nimmt $\varkappa$ nach Fürstenau um ca. 4 % ab.

Für SO_2 schliesslich ($a = 0,0132$, $b = 0,00249$) nimmt $\varkappa$ nach (2) von 0° bis 273° um ca. $^1/_2$ %, von 0° bis 546° um ca. 1 % ab. Nach Fürstenau beträgt die Abnahme ca. 3 %, bez. ca. 6 %.

---

1) A. Kalähne, Ann. d. Phys. 11. 225. 1903.

Die Schwierigkeiten und Unsicherheiten der letzten Messungen beruhen wesentlich auf dem Einfluss der Reibung und Wärmeleitung auf die Schallgeschwindigkeit in Röhren, der die geringen, eventuellen tatsächlichen Änderungen von $\varkappa$ völlig verdecken, und kaum exakt berechnet werden kann.

Man kann hier vorläufig m. E. nur empirisch, aber sicher so zum Ziel gelangen, dass man die Versuche mit vielen verschieden weiten Röhren anstellt und die weitesten mindestens so weit nimmt, dass man praktisch von dem Röhrenwandeinfluss frei wird, oder wenigstens mit einiger Sicherheit auf Röhren von unendlicher Weite graphisch extrapolieren kann.

Von besonderem Interesse wird es sein, die Versuche an einatomigen Gasen anzustellen, wo die Komplikation einer eventuellen Abhängigkeit der Grösse β von Druck und Temperatur fortfällt.

Derselbe sprach dann:

Uber das Funkenpotential.

Der Vortrag erscheint in der nächsten Nummer der Sitzungsberichte.

Herr Römer sprach:

Uber normale Antitoxine.

Vor ca. $2^1/_2$ Jahren beschäftigte ich mich mit Studien über die intestinale Antitoxinresorption bei saugenden Kälbern. Über das Ergebnis solcher Untersuchungen habe ich mehrfach in dieser Gesellschaft berichtet.

Mit dem Zwecke ähnlich gerichteter Untersuchungen prüfte ich im Juli 1908 die Milch einer Kuh (Nr. 8246) auf Tetanus-Antitoxin, die zu jenen, über zwei Jahre zurückliegenden Untersuchungen gedient hatte. Die Kuh hatte damals, im März 1906 insgesamt 90 kcm tetanusantitoxinhaltiges Pferdeserum (540 A. E.), subkutan erhalten. Nach dieser Injektion wiesen wir Antitoxin-Übergang in die Milch und sodann durch die Säugung Antitoxin-Übergang in das Blut des jungen Kalbes nach. Zu ähnlichen Untersuchungen erhielt die Kuh am 14. Juni 1908 wiederum 100 kcm tetanusantitoxinhaltiges Pferdeserum subkutan. Bereits vor dieser Injektion aber war dem Muttertier eine Milchprobe und einem drei Wochen vorher geborenen, von der Mutter gesäugten jungen Kalbe eine Blutprobe abgenommen worden. Milchprobe und Blutprobe wurden auf Antitoxin untersucht. Dabei zeigten sich zu meiner grössten Überraschung beide deutlich tetanusantitoxinhaltig. Der Tetanusantitoxingehalt wurde gegenüber zwei verschiedenen Tetanusgiften festgestellt, sodass gar kein Zweifel darüber bestehen kann, dass bereits vor dieser erneuten Tetanusantitoxin-Injektion sich Tetanusantitoxin in der Milch des Muttertieres fand, und dass höchstwahrscheinlich diesem Antitoxingehalt der Milch auch das junge Kalb sein Blutantitoxin verdankte. Es lag natürlich am nächsten, daran zu denken, dass dieser Antitoxingehalt in der Milch des Muttertieres noch herrühre von

jener über zwei Jahre zurückliegenden Serum-Injektion. Denn normaler Weise finden wir im Blut normaler, d. h. noch nicht mit Tetanusvirus, Tetanusgift oder Tetanusserum in Berührung gekommener Tiere keine Spur von Tetanusantitoxin. Es gilt — oder wenigstens galt es bis heute — geradezu als Dogma, dass normale Tiere nie Tetanusantitoxin im Blute enthalten. Andererseits aber musste diese lange Persistenz des Tetanusantitoxins im Blute der Kuh sehr auffallen. Das Antitoxin rührte ja her von einem Pferde, es war also geknüpft an das Bluteiweiss einer anderen Tierart, und durch die Untersuchungen v. Behring's und Ransom's wissen wir, dass zwar homologes, an artgleiches Eiweiss geknüpftes Antitoxin sich lange im Organismus halten kann, dass dagegen heterologes Antitoxin ziemlich rasch ausgeschieden wird, sodass selbst nach Injektion grösster Antitoxindosen wir in der Regel nach spätestens zwei Monaten das Blut des antitoxinbehandelten Tieres frei von Antitoxin finden, wenn sein Blutantitoxin an heterologes Eiweiss geknüpft war. Es ist ja auch ganz verständlich, dass artfremdes Eiweiss für den Organismus gewissermassen ein Fremdkörper ist, dessen er sich bald zu entledigen sucht. Angesichts dieser Erfahrungen war also diese ungewöhnlich lange, scheinbare Persistenz des Pferdeantitoxins im Körper des Rindes ausserordentlich auffallend und überraschend. Angesichts der Tatsache aber, dass auch nach meiner bisherigen Erfahrung das Blut normaler Tiere sich immer frei von Tetanusantitoxin erweist, hielt ich es trotzdem für das Wahrscheinlichste, dass der Antitoxinbefund bei der Kuh 8246 beruhe auf jener $2^1/_4$ Jahr früher erfolgten Tetanusantitoxin-Injektion.

Ich suchte diese Annahme noch des Näheren zu stützen. Wenn in der Tat das Antitoxin in der Milch der Kuh 8246 noch von jener früheren Serum-Injektion herrührte, dann war es sehr wohl möglich, dass wir es noch geknüpft an Pferdeeiweiss fanden. Wir mussten also Pferdeeiweiss in

der antitoxischen Milch der Kuh 8246 nachweisen können. Das gelang aber nun weder mit der sogenannten Präzipitinreaktion, noch mit der quantitativ noch viel feineren Komplement-Bindungsreaktion-Methoden, die den Nachweis von Eiweiss noch in 1000facher bezw. 1000000facher Verdünnung des betreffenden Eiweisses erlauben.

Nun haben aber in früheren Versuchen Much und ich nachgewiesen, dass bei Kühen subkutan injiziertes Pferdeserum in der Milch in einer Form erscheinen kann, in der es nicht mehr als Pferdeserum-Eiweiss erkennbar ist, auch nicht mit diesen feinen biologischen Methoden. Ich hielt deshalb immer noch an der Meinung fest, dass bei jener Kuh der Tetanusantitoxingehalt der Milch von der früheren Injektion herrühren müsse. Das Ergebnis der letztgenannten biologischen Untersuchungen aber veranlasste mich, das Blut der übrigen, im gleichen Bestande vorhandenen Rinder auf den eventl. Gehalt von Tetanusantitoxin zu prüfen, wieder, wie ich gestehen muss, in der Absicht, meine Meinung zu stützen, dass jener überraschende Antitoxinbefund auf einer ungewöhnlich langen Persistenz des Tetanusantitoxins im Blute jener Kuh beruhte.

Ich untersuchte das Blutserum von insgesamt 41 Rindern des gleichen Bestandes in der Weise, dass ich mit minimalen Dosen Tetanusgiftes (in der Regel die tötliche Minimaldosis) 0,3 kcm des klar abgeschiedenen frisch gewonnenen Serums mischte, $^1/_2$ Stunde bei 37° stehen liess, und dann gesunden Mäusen von mittlerem Gewicht subkutan diese Mischung injizierte.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist nun, summarisch berichtet, dass sich in 15 der untersuchten 41 Fälle Antitoxin fand und zwar in deutlich nachweisbaren Mengen, schwankend zwischen 1/4000 bis 1/170 A. E. pro kcm. Dass es sich um echtes Antitoxin handelte und nicht etwa um unspezifische

entgiftende Wirkungen des Serums, wurde in besonderen Versuchen erwiesen. Es ist damit zum ersten Mal nachgewiesen, dass im Blute von normalen Tieren, d. h. von Tieren, die nie künstlich mit Tetanusvirus, Tetanusgift oder Tetanusserum in Berührung gebracht sind, sich Tetanusantitoxin im Blute finden kann. Höchst eigenartig stellt sich nun das Ergebnis dieser Untersuchungen, wenn man die Resultate bei den jungen, noch nicht zwei Jahre alten Tieren trennt von denen der älteren Tiere. Bei den achtzehn jüngeren Tieren nämlich erwies sich das Blut von 16 Tieren völlig antitoxinfrei und nur bei einem $3^1/_2$ Monate und einem Monate alten Saugkalbe fanden sich geringe Mengen von Antitoxin. Diese Kälber aber entstammten Muttertieren, die sehr beträchtliche Mengen Antitoxin (1/200 A. E. pro kcm) aufwiesen. Es ist also sehr wahrscheinlich, dass das Blutantitoxin dieser beiden Kälber zurückzuführen ist auf eine durch die Säugung erfolgte Antitoxin-Übertragung. Abgesehen von dieser Übertragung durch Säugung erwies sich also das Blut der jungen, noch nicht zweijährigen Rinder tetanusantitoxinfrei. Bei den untersuchten 23 älteren Tieren dagegen fanden wir in 13 Fällen, also in über der Hälfte der Fälle, Antitoxin.

Wie erklärt sich dieser — wie ich noch einmal wiederholen möchte, gegen allen bisherigen Glauben nachgewiesene — Befund von Tetanusantitoxin im Blute älterer Rinder, der offenbar gar nicht so ganz selten ist?

Die Antitoxine sind Reaktionsprodukte des Organismus auf die Toxine. Es ist also ganz verständlich, wenn wir Antitoxin im Blute eines Organismus finden, der auf natürlichem Wege eine toxische Erkrankung überstanden hat, oder den wir künstlich mit dem giftliefernden Virus bezw. mit dessen Gift behandelt haben. Wie aber nun, wenn bei nichtbehandelten Individuen sich solche Antitoxine finden?

Verhältnismässig leicht verständlich wären solche Befunde nach der Ehrlich'schen Seitenkettentheorie. Ehrlich stellt sich ja bekanntlich vor, dass die Giftwirkung der Toxine darauf beruht, dass mit Hilfe einer besonderen Gruppe im Toxinmolekül die Gifte sich an bestimmte Gruppen (Seitenketten, Aufnahme-Apparate, Rezeptoren) des Zellprotoplasmas binden und dann nach erfolgter Bindung ihre wiederum an eine besondere Gruppe geknüpfte Giftwirkung auf die Zelle ausüben. Ist nun die Giftdosis nicht zu gross, so vermag die Zelle infolge vitaler Kräfte den durch den Toxinangriff gesetzten Defekt wieder zu decken und ersetzt ihn einem allgemeinen biologischen Gesetz zufolge im Übermass. Die Masse neugebildeter Rezeptoren hat dann keinen Platz mehr in der Zelle und es kommt zur Abstossung derselben ins Blut, wo ihre Wirkung als Antitoxine nunmehr leicht verständlich ist. Sie besitzen ja Affinität zum Gift, darauf beruht ja, solange sie noch in der Zelle liegen, die Tatsache der Vergiftungsmöglichkeit. Nun aber im Blutserum kreisend, fangen sie das von neuem eingeführte Gift ab, ehe dies an die giftempfindliche Stelle herankommt. Es sind also nach Ehrlich die Antitoxine nichts anderes als Stoffe, welche bereits physiologisch in der Zelle sich präformiert finden. Danach wäre das Vorkommen von Antitoxinen im Blutserum normaler d. h. nicht behandelter Tiere nicht weiter überraschend, wenn man sich nur weiter vorstellt, dass das betreffende Individuum eben schon einmal Stoffe aufgenommen hat, die zufällig dieselbe Affinität zu jenen Seitenketten hatten, wie die Toxine. Unsere künstlichen Immunisierungsprozesse sind also nach Ehrlich gewaltsame Wiederholungen schon unter normalen Verhältnissen eintretender physiologischer Vorgänge, und die gewaltige Anhäufung der Antitoxine im Blut entspricht nur solchen Folgen cellulärer Reaktionen, die schon unter normalen Lebensverhältnissen gelegentlich zu beobachten sind, durch willkürliche Immunisierungen aber brüsk provoziert und

künstlich gesteigert werden. Auf unseren gegebenen Fall angewandt, müsste man sich also nach Ehrlich vorstellen, dass ein gewisser Prozentsatz der Rinder schon normalerweise diese tetanusgiftbindenden Rezeptoren überproduziert und ins Blut abstösst, da sie dort nachweisbar sind. Es läge dann wohl eine ganz logische Konsequenz in der Annahme, dass man bei diesen Tieren durch eine künstliche Immunisicrung diese normalerweise schon erfolgende Überproduktion gewaltig steigern und dementsprechend beim Rinde ganz besonders leicht durch eine spezifische Giftbehandlung Tetanusantitoxin im Blute anhäufen könnte, leichter wohl als beim Pferde, da wir das Blut normaler Pferde immer frei von Antitoxin finden. Dahingehende Versuche haben uns aber gezeigt, dass beim Rinde die künstliche Erzeugung von Tetanusantitoxin sehr schwer ist, jedenfalls unverhältnismässig schwerer als beim Pferde, und wenn auch diese Beobachtungen durchaus nicht gegen die Ehrlich'sche Deutung des Befundes normaler Antitoxine sprechen, so lassen sie doch an andere Möglichkeiten denken.

Und deshalb muss man sich fragen, ob nicht doch vielleicht infolge eines streng-spezifischen Reizes, d. h. durch Berührung mit dem Tetanusgift bei jenen Kühen das Antitoxin sich gebildet hat. Der Tetanusbazillus bildet bekanntlich sehr widerstandsfähige Sporen und ist dank dieser Widerstandsfähigkeit sehr verbreitet in der Natur, sodass man ihn geradezu als ubiquitären Saprophyten bezeichnen kann.

Der Tetanusbazillus ist weiter Anaërobier und findet sich demgemäss hauptsächlich in Medien, wo Reduktionsprozesse stattfinden. Er findet sich daher recht häufig auf Düngerstätten, fast konstant in der Gartenerde, häufig auch in den unteren Darmpartien der Säugetiere. Es ist also schon a priori recht wahrscheinlich, dass er auch beim Rinde gelegentlich im Darm vorkommt. Ferner ergibt eine einfache Überlegung, dass Kühe Tetanussporen gelegentlich aufnehmen müssen. Kühe erhalten bekanntlich Rüben zur

Fütterung, an denen naturgemäss immer Erde und Schmutzteile haften, und ich habe in Rüben anhaftender Erde auch Tetanussporen nachweisen können. Tetanussporen gelangen also wohl sicher, wenigstens bei älteren Rindern, in den Darm. Bei meinen eigenen Untersuchungen fand ich entsprechend diesen a priorischen Überlegungen gleich im ersten untersuchten Fall — im Kot einer Kuh, die $^1/_{1000}$ A. E. pro ccm Blutserum enthielt — Tetanusvirus. Ich setze meine hierauf bezüglichen Untersuchungen an den übrigen Rindern noch fort. Die Möglichkeit, dass sie dann gelegentlich auch die Darmwand passieren können, muss auch zugegeben werden. Es ist nun weiter durch experimentelle Untersuchungen gezeigt, dass Tetanussporen sich in den Organen sehr lange lebend erhalten und ich kann mir daher sehr wohl vorstellen, dass unter geeigneten Bedingungen das Tetanusvirus sich in geringer Menge vermehren, zu einer gewissen Giftproduktion und damit auch zur Antitoxinbildung Anlass geben kann, auch ohne dass wir klinisch etwas von einer Erkrankung erkennen. Die Tatsache einer Antikörperbildung bei Individuen, die klinisch nie an der betreffenden Krankheit gelitten haben, ist uns ja längst geläufig. Wir finden Diphtherieantitoxin im Blute von mit Diphtheriebazillen behafteten Individuen, die klinisch nie eine Diphtherie überstanden haben. Wir finden in Typhus- und Cholerazeiten spezifisch gegen Typhusbazillen bezw, Choleravibrionen gerichtete Antikörper im Blute zahlreicher Individuen, die klinisch nie auch nur eine Spur einer Erkrankung gezeigt haben. Mir scheint der von mir geführte Nachweis von Tetanusantitoxin im Blute älterer Kühe, die nachweisbar niemals an Tetanus gelitten haben, sich noch am allerungezwungensten dadurch zu erklären, dass diese Tiere unter dem Reiz des spezifischen Tetanusgiftes ihr Antitoxin gebildet haben. Hierfür spricht mir — um noch einmal kurz zusammenzufassen — die weite Verbreitung des Tetanusvirus in der Natur, ferner die Überlegung, dass Rinder

gelegentlich Tetanussporen aufnehmen müssen, der von mir gebrachte Nachweis des Tetanusvirus im Kot einer antitoxisches Blut besitzenden Kuh, sodann die lange Haltbarkeit der Tetanussporen im Organismus, sowie vor allem die Tatsache, dass sich das Antitoxin fast nur bei älteren Tieren findet und nicht bei den jüngeren, auf Milchnahrung bezw. nicht auf Rübenfütterung angewiesenen Kälbern.

Endlich möchte ich darauf hinweisen, dass der Tetanus beim Rinde eine ziemlich seltene Erkrankung ist, obwohl an sich kaum einzusehen ist, warum das Rind weniger Gelegenheit haben sollte, sich mit Tetanusvirus zu infizieren als das Pferd. Es wäre wohl denkbar, dass dieses geringere Befallensein der Rinder von Tetanus sich mit dem Antitoxingehalt des Blutes in Zusammenhang bringen lässt, den wir normalerweise bei einem grossen Prozentsatz der älteren Tiere finden. Sollte sich diese Anschauung bestätigen, so wäre diese natürlich erworbene Tetanusimmunität der Rinder ein Beispiel dafür, dass nicht jede Infektion mit krankheiterzeugendem Virus einen Schaden für das befallene Individuum bedeutet.

In der Sitzung vom 16. Juni sprach Herr Fr. Heusler-Dillenburg

Über magnetisierbare Manganlegierungen.

Die Fortsetzung der von ihm gemeinsam mit Herrn F. Richarz und seinen Schülern W. Starck, Haupt und Take früher ausgeführten Untersuchungen über Aluminium-Mangankupfer hat in physikalischer Hinsicht zur Auffindung einer fast hysteresisfreien Bronze durch Herrn Asteroth geführt; über die Eigenschaft dieser Legierung, schmiedbar zu sein, hat der Vortragende schon vor 3 Jahren[1]) der Gesellschaft berichtet. In chemischer Hinsicht ist durch Herrn Preusser die wichtige Tatsache festgestellt worden, dass für Legierungen, welche aus Mangankupferschmelzen von ca. 10, 15, 20, 30 % Mangangehalt durch Zusatz von wechselnden Mengen Aluminium vom Vortragenden hergestellt wurden, das Maximum der Magnetisierung stets bei einem etwa 13 % betragenden Aluminiumgehalt erreicht wird. Eine Hypothese, welche diesem Befund Rechnung trägt, hat sich bereits als Wegweiser zur Auffindung neuer nur ca. 6 % Mangan enthaltender ferromagnetischer Aluminiummanganbronzen bewährt und wird zur gegebenen Zeit in der Zeitschr. f. anorg. Chemie veröffentlicht werden.

Endlich berichtet der Vortragende noch über Manganzinn und Manganantimon unter Hinweis auf die diesbezüglichen von Herrn H. Fassbender[2]) im Marburger physikalischen Institut auf seinen Wunsch ausgeführten bereits publizierten Messungen.

---

1) Diese Sitzungsber. 1905, 98; daselbst Literaturnachweis der älteren Arbeiten, desgl. im Folgenden, pag. 207.

2) Verh. d. D. Phys. Ges. 10. (1908), 256.

In der Sitzung vom 5. August machte Herr F. Richarz eine kurze Mitteilung über

Versuche, den Zusammenhang zwischen unvollkommener Elastizität und unvollkommener „Weichheit" magnetisierbarer Materialien betreffend

welche Herr Dr. E. Take im hiesigen Physikalischen Institut in Angriff genommen hat.

Vollkommen nennt man die Elastizität einer Substanz unter folgenden Bedingungen:

1. Nach Aufhören einer deformierenden Kraft, durch welche die Elastizitätsgrenze nicht überschritten wurde, findet vollständige Rückkehr zum ursprünglichen Volumen und Gestalt statt.
2. Diese Rückkehr findet sofort statt.

Quarzglas beispielsweise entspricht diesen Bedingungen vollkommener Elastizität in sehr weitgehendem Masse.

Sind diese beiden Bedingungen nicht erfüllt, so nennt man die Elastizität eine unvollkommene. Wenn die erste Bedingung nicht erfüllt ist, sodass niemals wieder völlige Rückkehr zum ursprünglichen Zustande stattfindet, spricht man wohl von permanenter Nachwirkung; besser wäre es, für diesen Fall die Bezeichnung „Nachwirkung" gar nicht zu benutzen, sondern nur von dauernder Deformation zu sprechen; eine solche bleibt, wenn die deformierende Kraft die Elastizitätsgrenze überschritten hatte. Wenn zweitens die völlige Rückkehr zum ursprünglichen Zustande nicht sofort, sondern nur allmählich geschieht, so spricht man von temporärer Nachwirkung, oder besser nach dem Beispiele von F. Kohlrausch überhaupt nur in diesem Falle von Nachwirkung schlechtweg. Es kann natürlich auch nach Aufhören der deformierenden Kraft zunächst eine temporäre Nachwirkung

vorhanden sein, die langsam zurückgeht, aber nicht bis zur Rückkehr in die ursprüngliche Gestalt, sondern nur bis zu einem bleibenden Rest von dauernder Deformation.

Die unvollkommen elastischen Prozesse müssen stets einen Verlust an elastisch-mechanischer Energie bedingen; an deren Stelle muss bei der temporären Nachwirkung während des nachträglichen Zurückgehens eine äquivalente Wärmemenge auftreten, worauf zuerst Herr F. Kohlrausch in seiner Dissertation aufmerksam gemacht hat.[1]) Bei der dauernden Deformation dagegen tritt immer ein Teil der Wärmeentwickelung sogleich während der Deformation auf; oft aber ist auch der deformierte Zustand zu betrachten wie eine Verwandlung in einen neuen allotropen Zustand; dabei wird als Aequivalent eines Teiles der verlorenen mechanisch-elastischen Energie Umwandlungswärme gebunden, wie in der Tat nachgewiesen worden ist.[2])

Es gibt beim Magnetismus ganz analoge Prozesse wie die unvollkommen elastischen. In ein magnetisches Feld gebracht, nimmt eine Substanz eine gewisse Magnetisierungsintensität an.

Als magnetisch vollkommen weich wäre ein solches Material zu bezeichnen, welches für jede Feldstärke stets immer wieder eine bestimmte zugehörige Magnetisierungsintensität annimmt. Darin ist eingeschlossen, dass es:

1. nach Aufhören der Wirkung einer magnetisierenden Kraft wieder vollkommen in den unmagnetischen Zustand zurückkehrt, und:

---

1) F. Kohlrausch, Ueber die elastische Nachwirkung bei der Torsion, Pogg. Ann. **119**, pag. 365, 1863. — Vgl. auch die Darlegung bei Helmholtz, Vorles. Bd. VI, pag. 248/249.

2) Vergl. hierzu die Auseinandersetzungen in der Inaugural-Dissertation von Wilh. Schlett, Aenderung der Dichte und spezifischen Wärme bei Platin und Nickel durch Bearbeitung, und Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme derselben, Marburg 1907, insbesondere pag. 14 u. 15; Auszug: Ann. d. Phys. **26**, 201—210, 1908, insbesondere pag. 202.

2. **sofort** nach Eintritt einer bestimmten Feldstärke die zugehörige Magnetisierungsintensität annimmt.

Diesem Zustande vollkommener magnetischer Weichheit entsprechen (soweit man bisher weiss) nur die schwach paramagnetischen Substanzen, und im umgekehrten Sinne dem Vorzeichen nach, die diamagnetischen. Dagegen entsprach ihm in der einen oder anderen Beziehung, oder in beiden, weder gehärteter Stahl noch das allerweichste Eisen. Diese zeigen:

1. permanente magnetische Nachwirkung, die bekanntlich von E. Warburg zuerst vollständig untersuchte Hysterese. Bei einem Uebergang von einer ersten Feldstärke zu einer anderen zweiten und wieder Rückkehr zu der ersten zeigt die Magnetisierungsintensität eine dauernde Abweichung von dem erstmaligen Werte im Sinne der zwischenliegenden zweiten Feldstärke bezw. Magnetisierung.
2. Ausserdem kann aber auch eine temporäre magnetische Nachwirkung auftreten, indem das Eisenstück beim Einsetzen einer veränderten Feldstärke nicht sogleich den definitiven Wert seiner Magnetisierungsintensität annimmt, sondern erst allmählich. Auf diese temporäre magnetische Nachwirkung ist ebenfalls zuerst von Herrn F. Kohlrausch hingewiesen worden[1]); sie wurde von Lord Rayleigh, Ewing, Fromme, Mazzotto, Klemenčič im Einzelnen verfolgt.

Die Entdeckung der ferromagnetisierbaren Manganlegierungen durch Herrn Fritz Heusler im Jahre 1895 bezw. 1898/99 hat auch bezüglich der vorstehenden Eigenschaften zu höchst merkwürdigen Ergebnissen geführt. Bekanntlich sind die unten vollständigen Untersuchungen über jene interessanten, magnetische Verbindungen enthaltenden, Mangan-

1) F. Kohlrausch, Pogg. Ann. 128, 3, 1866.

legierungen unter gemeinsamer Leitung von Herrn Fritz Heusler und mir im hiesigen Physikalischen Institut angestellt worden, und in den Sitz.-Ber. der Deutschen Physikalischen Gesellschaft zuerst vorläufig, in den Schriften unserer Gesellschaft zuerst ausführlich veröffentlicht worden.[1])

Die von Herrn F. Heusler erst in den letzten Jahren hergestellten schmiedbaren kupferreichen Mangan-Aluminium-Bronzen, welche Herr Paul Asteroth untersucht hat, zeigen, rotglühend in Quecksilber abgeschreckt und bei 140° gealtert, fast völlige Freiheit von Hysterese. Diese Legierungen bilden dadurch ein Unikum unter allen ferromagnetischen Substanzen. Langsam von der Rotglut abgekühlt zeigen diese Heusler-Asteroth'schen Legierungen ausgeprägte Hysterese. Sie lassen sich immer wieder von neuem vollkommen nach Belieben in den einen bezw. anderen Zustand bringen.

Es ist offenbar vom grössten Interesse, zu untersuchen, wie sich diese Heusler-Asteroth'schen Legierungen in ihren verschiedenen Zuständen in Bezug auf temporäre magnetische Nachwirkung verhalten. Ferner wie sie sich in Bezug auf temporäre elastische Nachwirkung und auf dauernde Deformation verhalten. Denn, dass Beziehungen zwischen

---

1) I. Fr. Heusler, Verh. d. D. Phys. Ges. **5**, 219 (1901), 1903. II. Fr. Heusler, W. Starck und E. Haupt, ebenda **5**, 220—232, 1903. III. Fr. Heusler, F. Richarz, W. Starck und E. Haupt, Schriften Naturf. Ges. Marburg **13** [5], 237—300, 1904. N. G. Elwerts Verlag, Marburg; vgl. Fr. Heusler, Verh. Gewerbefleiss, S. 277, 1903 und ZS. angew. Chemie, S. 260, 1904, sowie E. Haupt, Naturw. Rundsch. **21**, 69—71, 1906. IV. E. Take, Naturf. Ges. Marburg, Sitz. v. 13. Aug. 1904, und Verh. d. D. Phys. Ges. **7**, 133—145, 1905. V. E. Take, Schriften d. Naturf. Ges. Marburg **13** [6], 299—404, 1906, N. G. Elwerts Verlag, Marburg, und Ann. d. Phys. (4) **20**, 849—899, 1906, sowie Naturw. Rundsch. **22**, 209—211, 221—223, 1907. VI. P. Asteroth, Inaug.-Diss. Marburg 1907; Verh. d. D. Phys. Ges. **10**, S. 21—32, 1908; Naturw. Rundsch. **23**, 249—250, 1908. VII. H. Fassbender, Verh. d. D. Phys. Ges. **10**, 256 bis 266, 1908. VIII. Fr. Heusler, Sitz. d. Marb. Ges. vom 16. Juni d. J. vorstehend pag. 203, W. Preusser, Inaug.-Diss. Marburg 1909.

unvollkommener Elastizität und unvollkommener magnetischer Weichheit bestehen, ist schon unter anderen von G. Wiedemann (Pogg. Ann. **106**, 161—201, 1859) nachgewiesen worden.

Diese wichtigen Untersuchungen hat Herr Dr. Emil Take auf meine Veranlassung im hiesigen Institut bereits begonnen. Ich möchte dies schon jetzt öffentlich erwähnen, weil kürzlich die Arbeit von Herrn H. Tobusch (Ann. d. Phys. **26**, S. 439—482, 1908) Beziehungen zwischen unvollkommener Elastizität und unvollkommener magnetischer Weichheit wiederum behandelt. Die bereits vorher im Hinblick hierauf von uns in Angriff genommenen Heusler-Asteroth'schen Legierungen bieten zur Beantwortung der aufzuwerfenden Fragen offenbar besonders günstige Aussichten.[1] Herr Dr. Fr. Heusler hat in liebenswürdigster Weise Herrn Dr. E. Take für seine Versuche geeignete Stücke unter erfolgreicher Ueberwindung technischer Schwierigkeiten hergestellt, wofür ihm auch an dieser Stelle verbindlichster Dank ausgesprochen werden soll.

---

1) Dasselbe gilt auch für andere Fragen, z. B. den Zusammenhang der Magnetisierbarkeit mit elektrischer Leitfähigkeit, den Kollege F. A. Schulze, und den Zusammenhang mit der spezifischen Wärme, den Herr Ernst Dippel im Institut zu untersuchen ebenfalls bereits begonnen haben. Ebenso für die in Angriff genommene Verwendung jener Legierungen bei elektrischen Messinstrumenten.

Bezüglich der Personalveränderungen, die sich seit dem Mai 1908 in der Gesellschaft vollzogen haben, ist folgendes zu bemerken:

In der Geschäftssitzung vom 13. Mai wurde Herr Dr. E. Kayser, Professor der Geologie zum Vorsitzenden, in der Geschäftssitzung vom 16. Juni Herr Dr. Fr. Kutscher, a. o. Professor der Physiologie zum Schriftführer gewählt.

Bei der Wahl des engeren Ausschusses, die ebenfalls am 16. Juni erfolgte, wurden Herr Professor Dr. Korschelt stellvertretender Vorsitzender, Herr Professor Dr. F. Richarz und Herr Professor Dr. F. Schenck, Beisitzer.

In der Wahlsitzung vom 5. August wurde Exzellenz Dr. Graf Zeppelin zum Ehrenmitglied der Gesellschaft ernannt.

In der gleichen Wahlsitzung wurden die bisherigen ausserordentlichen Mitglieder die Professoren Dr. Johannes Meisenheimer und Dr. Franz Arthur Schulze zu ordentlichen Mitgliedern gewählt.

Herr Professor Dr. Walter Stoeckel, Direktor der Frauenklinik und Hebammen-Lehranstalt, wurde zum ausserordentlichen Mitglied gewählt.

Ebenso wurde Herr Dr. Dankwart Ackermann, Privatdozent für Physiologie zum ausserordentlichen Mitglied gewählt.

In der Wahlsitzung vom 9. Dezember wurde Herr Professor Dr. Gürber, Direktor des pharmakologischen Institutes zum ausserordentlichen Mitglied ernannt.

Herr Dr. Stuchtey, Assistent am physikalischen Institut und Herr Dr. Take, Assistent am physikalischen Institut wurden in derselben Sitzung zu ausserordentlichen Mitgliedern gewählt.

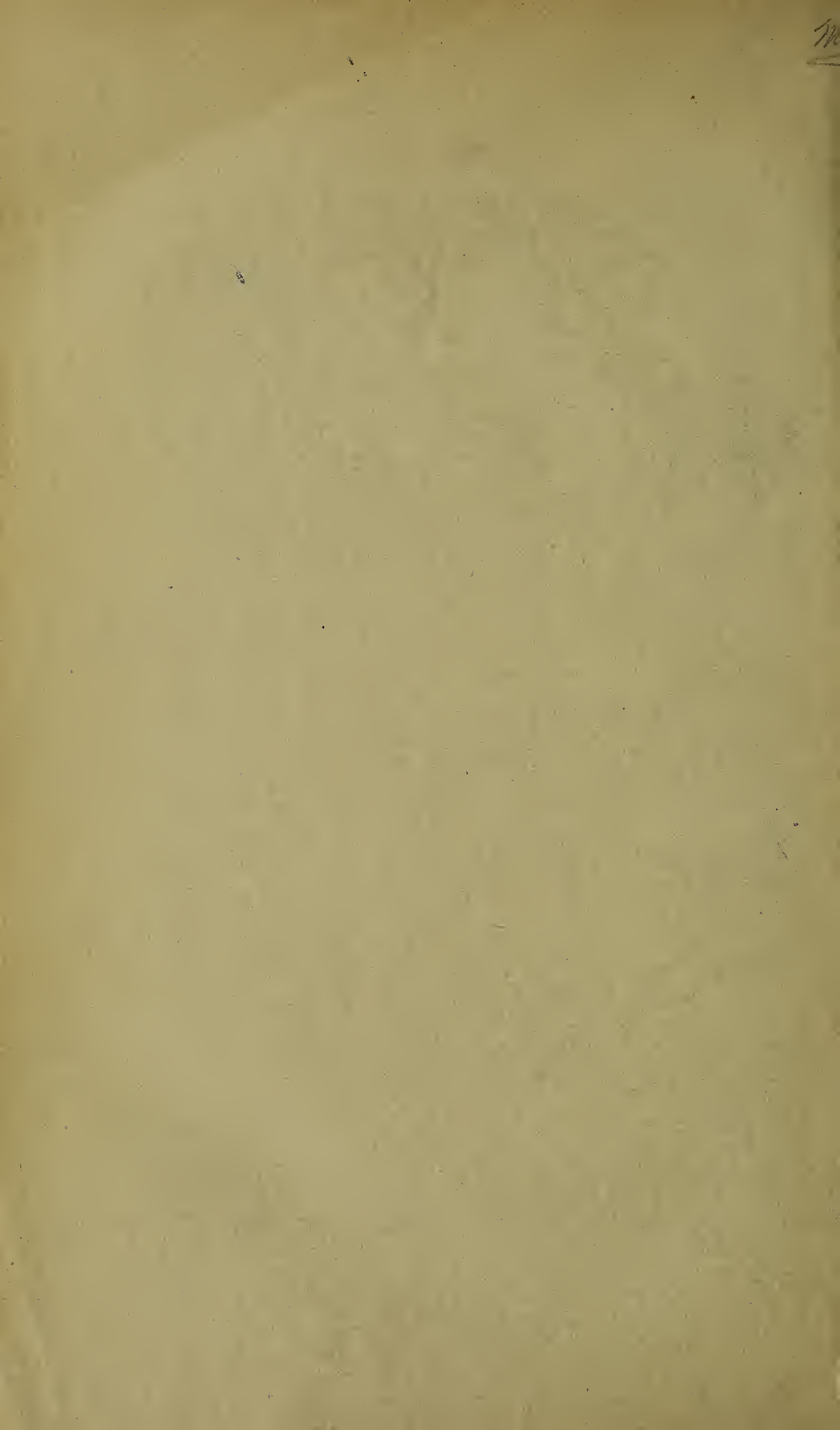
Das ordentliche Mitglied Professor Dr. Carl Schaum wurde an die Leipziger Universität berufen.

Das ordentliche Mitglied Professor Dr. Arthur Heffter wurde Leiter des pharmakologischen Instituts der Universität Berlin. Er siedelte deshalb zum Sommersemester nach Berlin über.

Das ausserordentliche Mitglied Dr. Carl Oestreich, Privatdozent der Geographie erhielt einen Ruf als o. Professor nach Utrecht, dem er zum Winter-Semester folgte.

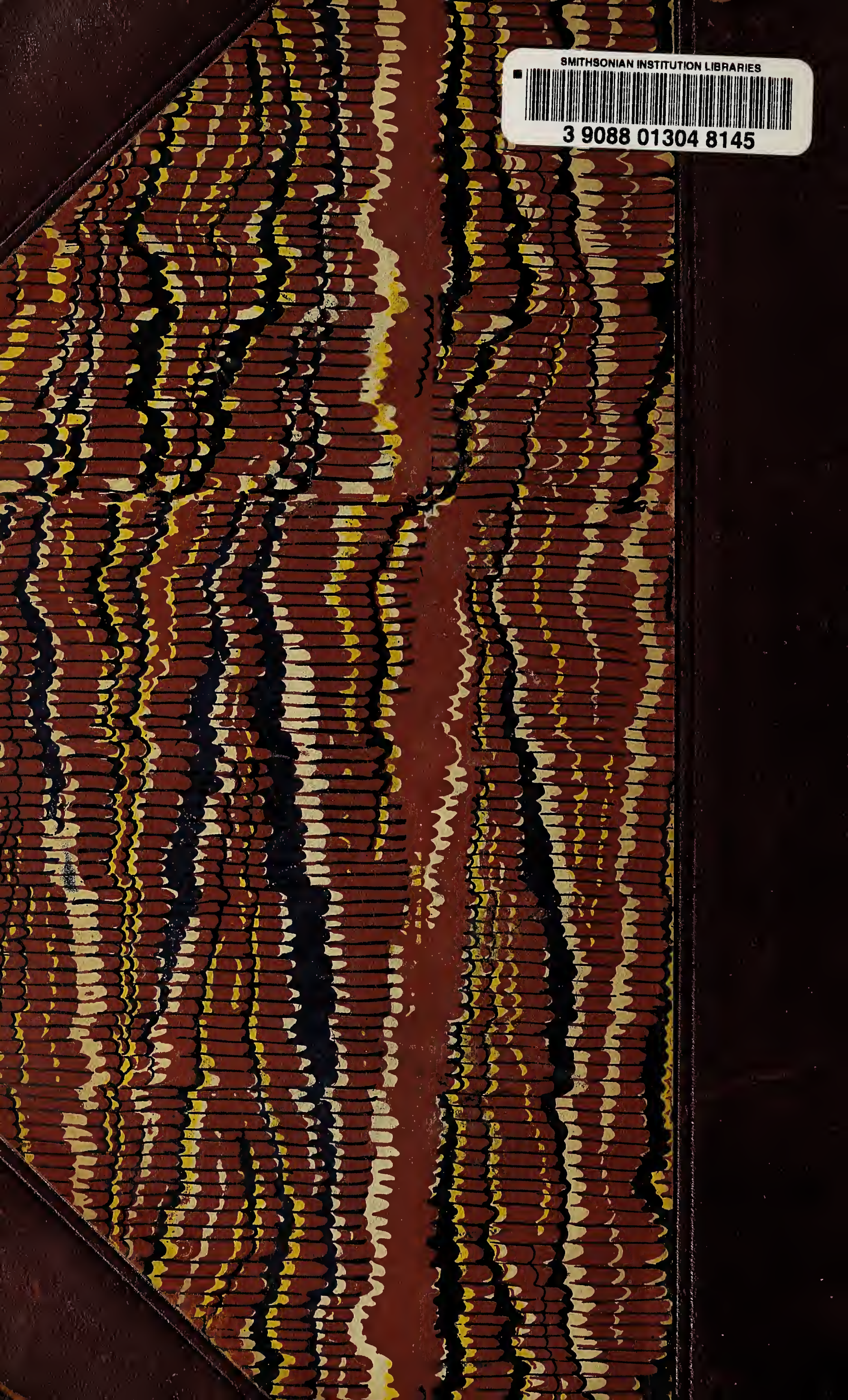
Herr Dr. Ackermann ging an das Würzburger physiolog. Institut.

Leider hat die Gesellschaft im verflossenen Jahre auch den Tod eines ihrer Mitglieder zu beklagen. Am 27. September verstarb Herr Professor Dr. Zumstein, Prosektor und Privatdozent der Anatomie.








SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01304 8145